www.sapientia.uji.es | 20



Taller de expresión tridimensional

José Luis Navarro Lizandra

Taller de expresión tridimensional

José Luis Navarro Lizandra



Departament d'Enginyeria de Sistemas Industrials i Disseny

■ Codi d'assignatura
Taller de modelos 510
Taller de prototipos 521

Edita: Publicacions de la Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions
Campus del Riu Sec. Edifici Rectorat i Serveis Centrals. 12071 Castelló de la Plana
http://www.tenda.uji.es e-mail: publicacions@uji.es

Col·lecció Sapientia, 20
www.sapientia.uji.es

ISBN: 978-84-692-5914-6



ÍNDICE

Introducción

Un taller de expresión tridimensional, bien sea de modelos o de prototipos conceptuales, es algo más que un simple taller de elaboración de maquetas en el marco de una asignatura. Es la conexión con el mundo del diseño conceptual y tridimensional que nos permite experimentar y aplicar destrezas técnicas para dar forma a las ideas. Es un lugar para compartir inquietudes, para expresar con formas tangibles, sean maquetas o modelos, aquello que nuestra imaginación sea capaz de crear. Observar, analizar, descubrir, imaginar y reflexionar se convierten aquí en herramientas cotidianas que nos ayudan a adquirir la conciencia de que no estamos en un aula, sino en un laboratorio creativo y libre. Cada uno puede explorar con total independencia el amplio mundo del diseño formal, guiado, eso sí, por premisas y requerimientos que orientarán progresivamente el aprendizaje.

Como asignaturas, tanto el Taller de modelos, como el Taller de prototipos, tienen una singularidad especial en la Universitat Jaume I, pues se trata de materias que carecen de clases teóricas, ya que son exclusivamente prácticas. Esto no significa la ausencia de teoría, sino todo lo contrario: en la generación de ideas, en el acto de diseñar y plasmar la forma imaginada, se necesita una constante reflexión intelectual y la intervención crítica del profesorado implicado, que administrará los conocimientos en función de la evolución del alumnado y de manera individualizada. El diálogo permanente en cada etapa de la elaboración de los ejercicios planteados procura resolver las dudas y los problemas formales, plásticos o técnicos que surgen inevitablemente al enfrentarse al diseño tridimensional. Por consiguiente, a cada consulta o explicación siempre le corresponde una dosis de teoría implícita que, junto con la sugerencia de lectura de textos relacionados con las prácticas, facilita la comprensión y el buen desarrollo de los ejercicios propuestos.

El temario oficial del programa de estas asignaturas contempla exclusivamente el proceso didáctico a partir de algunas explicaciones generales, sobre todo de instrucciones y demostraciones en función de casos particulares, tal como ya se ha dicho. Sin embargo, dado el carácter singular de estos talleres, no era posible utilizar un esquema que se correspondiera palabra por palabra con dicho temario, puesto que también era importante estructurar otros conocimientos que no figuran en los programas. El resultado es la integración de nociones teóricas y de cuestiones técnicas para introducir a los estudiantes en un ámbito que les resulta poco familiar, excepto en algunos casos, ya que esta disciplina no tiene antecedentes académicos en ciclos formativos previos.

Así pues, la presente publicación está dividida en dos partes: los fundamentos teóricos y los fundamentos técnicos de expresión tridimensional. En la primera parte, los textos proporcionan una idea sobre temas básicos relacionados con el diseño formal, tanto desde el punto de vista conceptual como el que nos acerca al diseño industrial. Dichos

temas han sido tratados de forma genérica, pues para ahondar en ellos es necesario acudir a textos más especializados. En la segunda parte se muestran algunas técnicas, materiales y procesos para desarrollar modelos o maquetas con distintos materiales, pero también se explican nociones interesantes para la conceptualización de las configuraciones formales. En ambos casos, los textos van acompañados de numerosas ilustraciones que resultan imprescindibles para la comprensión de los contenidos. Y en el segundo bloque, además, se complementan con distintos vídeos demostrativos muy sencillos, que tratan de ayudar a asimilar mejor las posibilidades de expresión y elaboración de proyectos de diseño tridimensional, lo que proporcionará, con toda probabilidad, una mayor autonomía y confianza en el autoaprendizaje. Con el fin de mejorar el seguimiento, dichos vídeos se presentan en versión narrada con voz en *off*. Si así se desea, existe la posibilidad de ver los subtítulos que se pueden descargar desde el enlace que se indica al final del libro. Dichos subtítulos han sido creados para facilitar la comprensión de los vídeos a personas con problemas auditivos.

En su conjunto, esta obra tiene la intención de servir como una conexión pedagógica entre dos asignaturas de carácter similar en distintos niveles académicos, en donde los principios y metodología empleados constituyen un lugar común, que denominaremos Taller de expresión tridimensional. No es casual, pues, que muchas de las imágenes que ilustran este libro sean de ejercicios realizados en estos talleres, cuyos diseños y realización son autoría de los estudiantes que se citan en cada ocasión.

Por último, hay que advertir que se podrán echar de menos algunas referencias a distintas tendencias y escuelas dedicadas al análisis de la forma o al diseño en cualquiera de sus vertientes. No han sido omitidas por casualidad ni por dejadez, pues son de una gran importancia, pero la introducción de estos datos podría suponer una gran dispersión de conocimientos y no está en el espíritu de este manual apabullar a los estudiantes con tantos datos, que obtendrán, con toda seguridad, a través de otras asignaturas, o bien consultando algunos de los libros que se ofrecen en la bibliografía.

1. Fundamentos teóricos

Todo proceso de pensamiento creativo necesita el apoyo conceptual que se adquiere con la experiencia o con explicaciones que amplíen el conocimiento. De ahí que, para acelerar la comprensión de los conceptos, es preferible acudir a quienes ya han adquirido la suficiente experiencia para enseñar sus conclusiones, bien a través de los libros o bien asistiendo a algún curso relacionado con el tema. Sobre este conjunto de temas relacionados con los fundamentos teóricos del taller de modelos ya existen libros en los que se profundiza aún más, y desde aquí se recomienda su lectura o consulta. Pero la intención en este caso no es otra que la de impulsar la observación y el análisis del mundo que nos rodea, utilizando para ello los instrumentos más primarios, desde los principios elementales que rigen la estructura visual y que determinan la composición de los elementos básicos, hasta los elementos conceptuales del diseño de productos, que nos abrirán el camino hacia el ámbito del diseño industrial.

1.1. Elementos básicos del diseño tridimensional: análisis y expresión

Como en todo sistema de expresión formal, resulta inevitable comenzar con los elementos básicos que constituyen la forma en el ámbito del lenguaje visual: el punto, la línea, el plano y el volumen. No se trata de elementos aislados, sino que, conceptualmente, son elementos que se articulan entre sí para definir la forma. A través del análisis individual de dichos elementos y considerando su sintaxis visual (la manera en que se combinan para generar una forma) y sus valores semánticos (el significado de los elementos en distintos ámbitos), llegaremos a comprender mejor el método básico de composición, tanto sobre una superficie bidimensional como en una configuración tridimensional. No vamos a tratar de entrar de lleno en el complejo mundo de la geometría matemática ni en las definiciones y cuestiones de análisis geométricos profundos, pues lo que nos interesa en esta ocasión es tratar de ver las formas básicas con una mirada más elemental en su sentido más expresivo. Por este motivo, los términos pueden parecer demasiado simplistas o, incluso, poco rigurosos en relación a la pura geometría. Pero es importante entender que las páginas que siguen a continuación no pretenden más que acercar al lector a este tema desde un punto de vista visual y primario, con la intención de promover el sentir, más que el conocer.

1.1.1. La percepción visual

Antes de iniciar el estudio de los elementos básicos de la forma, es conveniente hacer una breve reflexión sobre lo que es inevitable en la comunicación visual: la percepción de las imágenes. La visión es un fenómeno mental y a través de ella percibimos los datos que servirán para captar el mensaje del diseño gráfico. Los estímulos visuales y los mecanismos perceptivos llevan consigo un sistema de codificación y reconocimiento basado en el recuerdo y la memoria que nos hacen reaccionar de una manera subjetiva en determinadas situaciones. Por ejemplo, no todos tenemos la misma capacidad para distinguir mentalmente diferencias cromáticas, formales o volumétricas. Así pues, a través de incontables estudios sobre este modo de «ver», se ha determinado que nuestro cerebro tiene una tendencia a relacionar lo que vemos con los ojos dentro de unos parámetros comunes en el mecanismo de pensamiento del ser humano. De estos análisis sobre la psicología de la percepción, se han establecido unas reglas que se resumen en las cinco leyes que se citan a continuación.

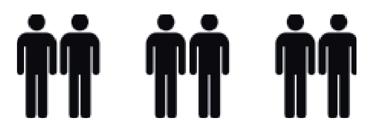


Fig. 1. Ley de proximidad. Los elementos más cercanos entre sí son más fáciles de interpretar como grupo.

- *LEY DE PROXIMIDAD*: las partes más cercanas de un conjunto de elementos tienden a ser percibidas como agrupadas en unidades, de manera que en este grupo de pictogramas (fig. 1) es más fácil percibir tres grupos de dos que un grupo de seis.

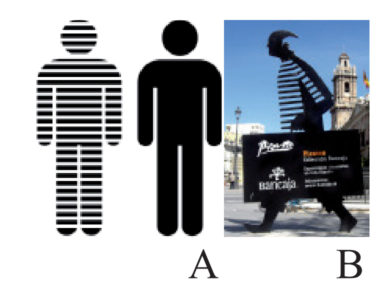


Fig. 2. Ley de la forma cerrada. Aunque una figura esté incompleta nuestra mente tiende a completarla para percibirla mejor.

- *LEY DE LA FORMA CERRADA O PREGNANCIA*: las figuras cerradas se aprecian mejor que las abiertas, por lo que prevalecen sobre éstas, dando lugar a una forma más fácil de comprender. En la fig. 2 observamos dos pictogramas, pero el de la izquierda, a pesar de estar incompleto, se percibe como el pictograma de la derecha (A). No vemos las líneas horizontales, sino la forma más fácil de comprender, al igual que en la silueta de Picasso, en donde nuestra mente completa la forma de la imagen que representa (B).

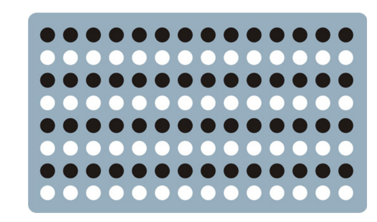


Fig. 3. Ley de igualdad. Nuestro inconsciente prefiere agrupar los elementos por grupos con mayor parecido, simplificando así la interpretación visual con mucha información.

- *LEY DE IGUALDAD O SEMEJANZA*: cuando los elementos se parecen entre sí o son iguales, se perciben de forma conjunta. Por eso, los puntos negros y blancos de la figura 3 se unen en estructuras que tendemos a ver como líneas horizontales de puntos negros y blancos. En este ejemplo, además, se aprecia la Ley de continuidad, al percibir la dirección lineal de la serie de puntos.

- *LEY DE CONTINUIDAD:* nuestra manera de percibir genera una continuidad significativa, de modo que un conjunto de elementos similares o iguales, ordenados en una disposición concreta, son percibidos como una estructura unitaria; por lo mismo, cuando se unen o superponen formas distintas, mantenemos la imagen individualizada de cada una y no como una estructura única.

- *LEY DE LA PLENITUD*: se trata de la capacidad que tienen algunas figuras de resultar más perceptibles que otras, con lo cual una figura regular, simétrica o sencilla es más reconocible que otra más irregular, asimétrica o compleja. En la figura 4-A, por ejemplo, preferimos ver un cuadrado y un círculo y no una forma más compleja. Por otra parte, esta ley se contempla también cuando en la figura 4-B, al separar las dos formas cerradas, ya no vemos un círculo y un cuadrado, sino otras superficies reconocibles individualmente.

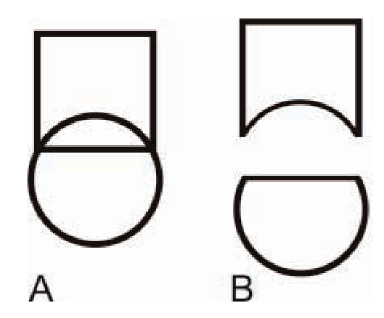


Fig. 4. Ley de la plenitud. Se busca la simplificación de la forma como manera de entenderla, antes que tratar de retener una imagen más compleja.

Además de estas leyes, hay otros factores asociados que influyen en la manera de percibir la forma, y que ayudarán a comprender mejor la expresión y organización de los elementos gráficos: la percepción de figura y fondo, y la percepción de contorno.

- *PERCEPCIÓN FIGURA Y FONDO*: se trata de la sensación de aislamiento visual entre los objetos y el fondo, generando un conflicto entre ellos cuando su importancia está muy equilibrada y se produce una ambigüedad. Es decir, cuando el fondo, que casi siempre tiene una dimensión menos definida, se aprecia tanto o más que la figura o forma del objeto. En la ilustración (fig. 5) podemos ver un ejemplo clásico basado en las figuras de Rubin: a la izquierda se ven preferentemente dos caras enfrentadas que destacan sobre un fondo blanco, pero si jugamos a cambiar la figura por el fondo, como se muestra a la derecha, es posible ver una copa negra, perdiendo parte de la definición la silueta de los rostros. La fuerza del contraste blanco y negro y la interacción entre el fondo y la forma, determinan lo que parece más cómodo de percibir en cada momento.

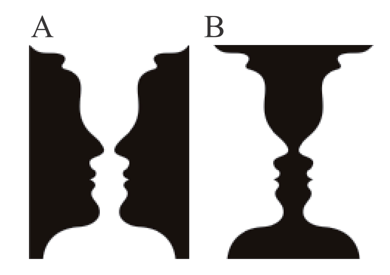


Fig. 5. Figura y fondo. Damos más importancia a la figura sobre un fondo en función de factores como el reconocimiento, el color, el contraste... ¿Son dos perfiles simétricos o una copa?

- *PERCEPCIÓN DE CONTORNO*: es el mecanismo visual que nos permite distinguir o separar la figura del fondo, a través de un cambio de color o de contraste luminoso. En la imagen de la manzana (fig. 6) se distingue la fruta verde sobre un fondo azul, gracias al contraste de color y del claroscuro se da lugar a una imagen mental que se puede representar como un contorno.

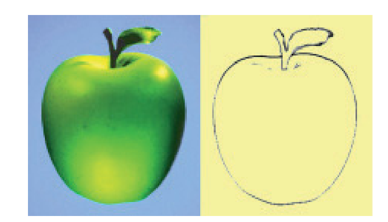


Fig. 6. Percepción de contorno. Somos capaces de abstraer una imagen en forma lineal a partir de su forma.

1.1.2. El punto

El grafismo puede adoptar cualquier forma, y la unidad básica de todas es el punto. Como los otros elementos gráficos (la línea y el plano), el punto es un concepto que nos sirve para comunicarnos, aunque es inexistente en el mundo real: se trata de una convención para facilitar la comprensión del lenguaje.

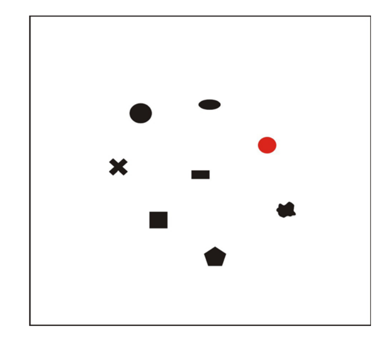


Fig. 7. La forma del punto no es necesariamente circular, siempre que su tamaño sea suficientemente reducido a nuestros ojos.

Un punto puede tener, en principio, cualquier forma, si bien la más establecida es la forma circular, y siempre que su tamaño sea muy pequeño (fig. 7). Un tamaño que resulta relativo, ya que éste estará en función del entorno. Cuando el punto crece y se empieza a tener conciencia de su

forma, geométrica o irregular, deja de percibirse como punto, tal como se aprecia en el esquema (fig. 8), interpretándolo como una secuencia de izquierda a derecha como el paso del punto al círculo.

El punto, además, puede ser plano, sólido o inmaterial, es decir, que un agujero producido por una aguja sobre un papel también puede entenderse como un punto.

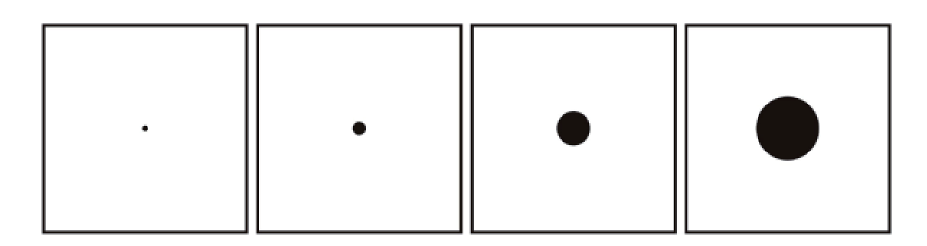


Fig. 8. Cuando el punto aumenta de tamaño, se convierte en círculo (o esfera, si el concepto es tridimensional).

El punto aislado carece de dirección y es inerte, pero posee un marcado carácter de atención. Es el centro de atracción de cualquier lugar y ese potencial expresivo se utiliza frecuentemente en todas las ocasiones que se necesite señalar algo muy concreto, como el centro de una ciudad o la parada de metro en un trayecto. En el caso de encontrarse próximo a otro elemento, se producen tensiones que percibimos inconscientemente. Si se trata de otro punto, se percibe una tensión que los atrae, de manera que se tiende a unirlos mediante una línea imaginaria, lo mismo que ocurre con las estrellas y las constelaciones, como por ejemplo, la Osa Mayor, cuya asociación al animal es, cuando menos, curiosa (fig. 9).

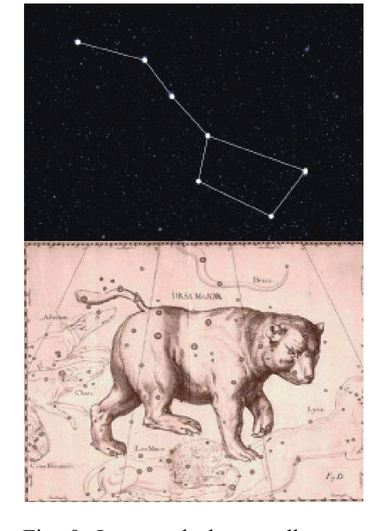


Fig. 9. Imagen de las estrellas que forman la osa mayor, unidas por una línea (arriba) y su representación artística que le da el nombre (abajo).

Cuando varios puntos se sitúan en prolongación, se percibe una unidad más fuerte, basada en la dirección y, por consiguiente, se considera casi una línea cuanto más cerca estén los puntos entre sí, como se muestra en la fig. 10. De hecho, desde el punto de vista conceptual, la línea resulta de una sucesión de puntos, del mismo modo que el plano puede estar constituido por numerosos puntos que se extienden en dos direcciones del espacio, como ocurre en la figura 11. La idea de plano se forma, tanto más cuanto más cerca estén los puntos entre sí, resultando más fácil, en este caso, considerar la percepción de un cuadrado más que una sucesión organizada de puntos

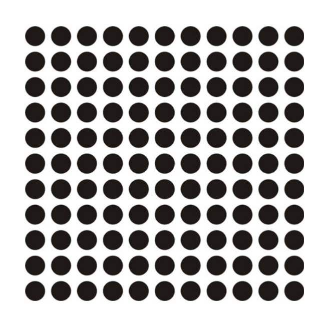


Fig. 10. Una sucesión de puntos provoca sensación de linealidad.

Fig. 11. Un grupo de puntos muy cercanos genera la sensación de plano, en este caso, un cuadrado.

A) *CARACTERÍSTICAS CONCEPTUALES DEL PUNTO*

- Carece de dimensiones
- Forma parte de cualquier otra forma geométrica
- Una sucesión de puntos o un punto en movimiento genera una recta
- Numerosos puntos distribuidos sobre una sola superficie generan un plano
- Un conjunto de puntos distribuidos en todas las dimensiones configuran un volumen sólido
- El punto es el centro de atención y atracción de cualquier campo visual

B) *EL PUNTO COMO ELEMENTO DE EXPRESIÓN*

Como elemento gráfico, el punto tiene una gran fuerza plástica, como queda patente en las imágenes que ilustran este texto. La posibilidad de explorar otras muchas maneras de expresión es infinita y en estas páginas sólo mostramos algunas ideas para que incentiven la imaginación creadora.

En los esquemas de la figura 12, el punto rojo se individualiza sólo con el cambio de color (izquierda), mientras que a la derecha, un punto que se sale del orden genera una tensión de movimiento y destaca sobre el grupo (derecha). Por otra parte, cuando varios puntos se salen del orden establecido, provocan sensaciones de movimiento disperso (fig. 13-A), en tanto que, manteniendo la misma posición, si algunos puntos cambian de tamaño, amplían la gama de tensiones visuales y su expresividad pareciendo más caótica (fig. 13-B).

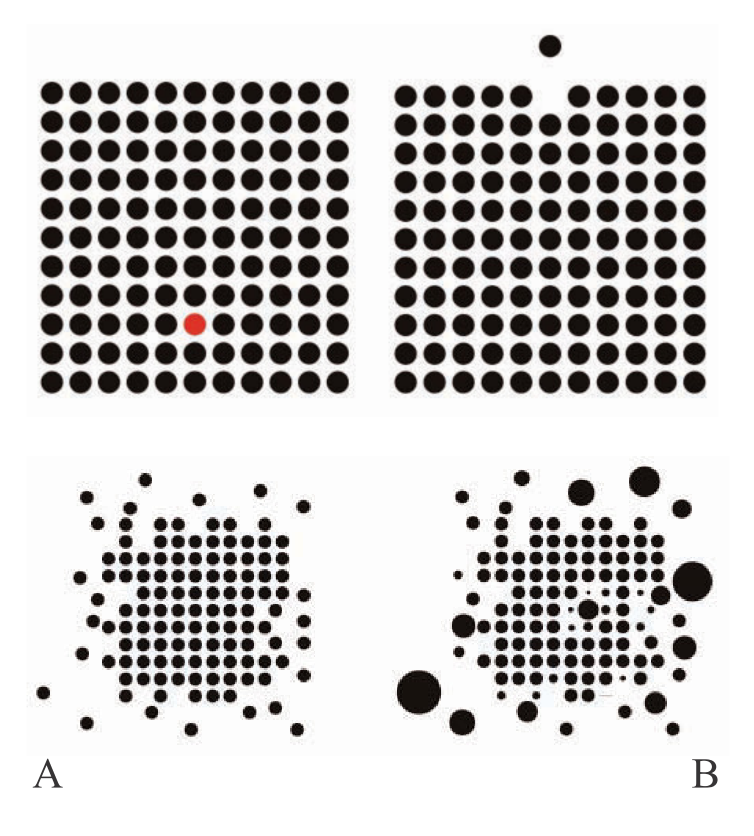


Fig. 12. El punto es un centro de atención, sobre todo, cuando destaca por diferencia cromática o por la ruptura con un orden.

Fig. 13. Los puntos pueden generar tensiones expresivas entre sí, tanto al dipersarse como al variar su tamaño.

Cuando el punto se alía con otros puede protagonizar numerosas expresiones visuales: explosión, implosión, dispersión, concentración, orden, desorden, etc. Por eso, cuando vemos la sucesión de pequeños papeles liados a las cuerdas en un adorno callejero (fig. 14), la imagen nos provoca una sensación de explosión-dispersión en forma radial, mientras que el orden, la jerarquía de tamaño y la proximidad, nos permiten ver imágenes reconocibles, como en la fotografía de la niña (fig. 15). La ampliación del ojo de esa misma foto nos muestra cómo surge la imagen general.



Fig. 14. La agrupación de puntos alcanza niveles de expresión visual muy variados, como el efecto de dispersión radial de esta ornamentación callejera.

En la acumulación de un punto tras otro en las tres dimensiones del espacio, se puede configurar cualquier volumen. La imagen de la figura 16 representa, en cierto modo, la posibilidad de dar forma y volumen mediante puntos. Si ampliamos el tamaño del punto encontramos, en la naturaleza, muchas formas generadas a partir del concepto de punto agrupado: los racimos de uva, las mazorcas de maíz, etc. (fig. 17). Todas estas agrupaciones, en sus distintas manifestaciones visuales pueden inspirar la creación de diseños muy variados, no estrictamente realizados con esferas, pues es la combinación de éstas con otros elementos (la línea o el plano) lo que ofrece una riqueza plástica inusitada.

En estos ejemplos de diseños de objetos, el punto, considerado como esfera o disco, sobre todo, puede estimular la atención por su presencia singular. Tal es el caso de ejemplos como algunas agujas o chinchetas, cuya cabeza responde a un concepto de punto (fig. 18), o algunos diseños en donde la forma esférica potencia el sentido compositivo y articula las formas (figs. 19, 20 y 21). En cada uno de estos objetos, la imagen del punto adquiere diferentes expresiones y se combina con el plano o la línea para tener una utilidad diferente, desde el acolchado en forma de semiesfera hasta las patas del candelabro.







Fig. 19. Maqueta de silla de metacrilato con acolchados de semiesferas de espuma. Diseño de Mariola Rodríguez (2003).
Fig. 20. Maqueta de perchero con colgadores en forma esférica. Diseño de Inma Nebot (2002).
Fig. 21. Candelabro cuyo diseño está formado por esferas seccionadas que contienen velas y pequeñas esferas que sirven de extremo en las patas. Diseño de Ana Cantos (2003).



Fig. 15. La organización gráfica de puntos posibilita el reconocimiento de imágenes. La ampliación de una parte de esta foto nos lo muestra.

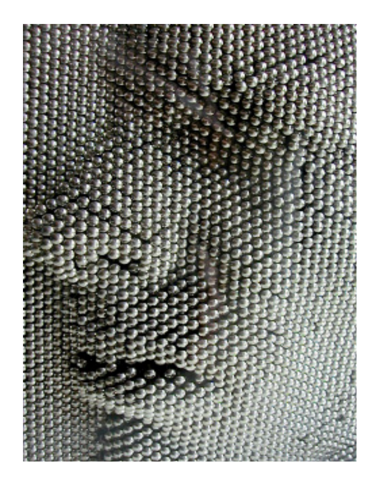


Fig. 16. Si la organización de puntos gráficos es capaz de sugerir formas infinitas y reconocibles, la acumulación de puntos en el espacio puede determinar también una infinita variedad de volúmenes. ¿Quién no es capaz de ver un rostro en este grupo de pequeñas esferas?



Fig. 17. La naturaleza proporciona una fuente importante de ideas para organizar el espacio a partir de un punto, como, por ejemplo, los racimos de frutos y semillas.



Fig. 18. Aguja con cabeza esférica. Una de las representaciones más pequeñas del diseño tridimensional.

1.1.3. La línea

La línea surge de la sucesión de una serie de puntos unidos entre sí o como la traza que genera el movimiento de un punto en el plano. Representa la forma de expresión más básica, pero también la más dinámica y versátil. Desde la caligrafía hasta el dibujo, la línea constituye un elemento de expresión que permite comprender el lenguaje de la comunicación verbal y el de la comunicación visual. Una sola línea puede mostrar formas reconocibles y, cuando se articula con otras, puede alcanzar niveles de expresión infinitas, tanto en relación a las posibilidades de representación plástica, como a expresiones de calidades de superficie (claroscuro, texturas...). Entre otras expresiones visuales, podemos ver tres formas distintas de comportarse la línea como elemento plástico en su distribución sobre el plano (fig. 22): como ideograma realizado con trazos muy direccionales (A); como caricatura de un pingüino, de línea uniforme (B) o como las líneas pulsantes del diseño natural de la piel de las cebras (C).

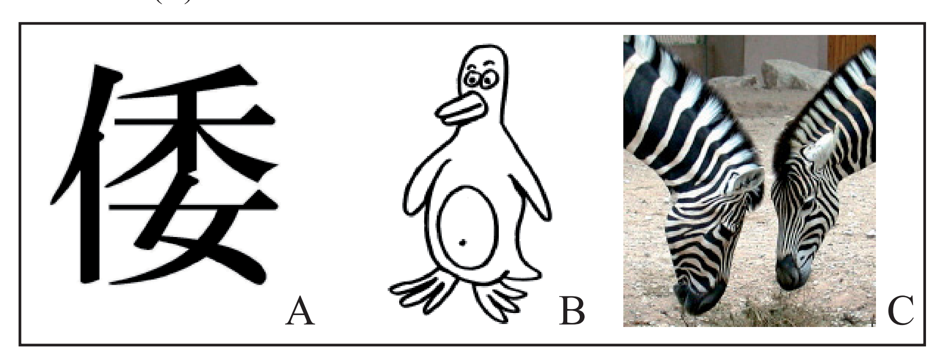


Fig. 22. Tres maneras distintas de expresión de la línea: como caligrafía (A), como dibujo lineal (B) o como patrón lineal de un diseño orgánico (C).

La presencia de la línea crea tensión, tanto si se encuentra aislada como si se combina con otros elementos de la forma, como el punto o el plano, porque en su esencia hay, al menos, la sensación de dirección, de equilibrio o de movimiento. Un trazo recto y horizontal proporciona la clave de la dirección hacia la izquierda o hacia la derecha, pero, al mismo tiempo, nos hace pensar en el equilibrio. Sin embargo, cuando se inclina, la línea nos empuja a considerarla ascendente o descendente, según la dirección que adquiera, de izquierda a derecha o de derecha a izquierda. Esta sensación de movimiento se verá incrementada, aún más, cuando la línea deje de ser recta para adoptar formas curvilíneas que se trasladan sobre la superficie.

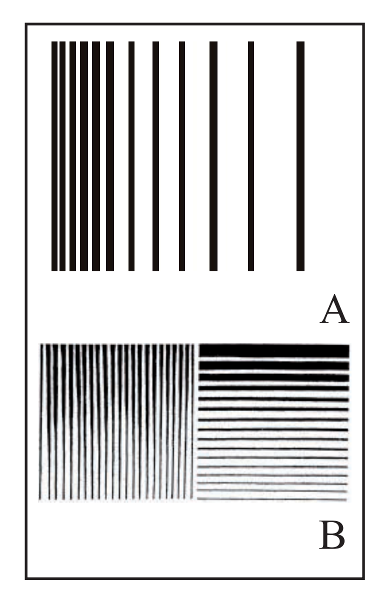


Fig. 23. Un conjunto de líneas paralelas interactúan entre sí, provocando tensiones visuales de claroscuro y de direccionalidad (A), pero esta sensación se refurza más cuando la línea cambia de espesor, generando una gradación más potente (B).

Si hemos de entender sus dimensiones principales, podemos ver que la línea expresa dinamismo, movimiento y dirección, pero también es capaz de crear tensión en el espacio en el que se encuentre (figs. 23 y 24). Las propiedades de la línea pueden variar y, por consiguiente, ampliar su expresividad, en función de su espesor, de su longitud, de su orientación o dirección, de su posición, de su forma (recta o curva) y también del color. Además, la línea puede tener los bordes lisos o irregulares, con extremos rectos, redondeados o en punta. Y su cuerpo puede ser de

un solo color o texturado, más fino o más grueso a lo largo de su longitud, matizando así el carácter que se pretenda que adopte tal elemento.

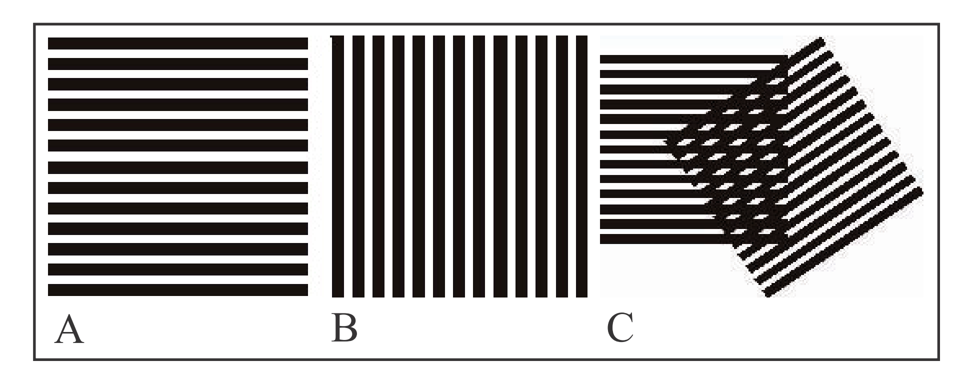


Fig. 24. Las series de líneas horizontales o verticales generan una sensación de superficie muy marcada por la cercanía y la regularidad entre los elementos (A) y (B). Esta monotonía se rompe cuando se superponen, dando lugar a efectos muy distintos según el ángulo que formen (C).

Al igual que el punto, la línea puede perder su esencia como línea cuando en la relación de longitud con su espesor se alcanza una desproporción que le hace perder su expresión dinámica de trazo, para convertirse en una imagen estática de superficie rectangular (fig.25).

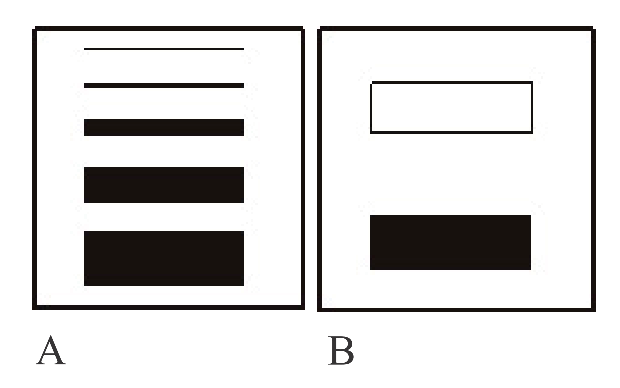


Fig. 25. Cuando la línea aumenta de grosor (A), puede llegar a perder su identidad, para transformarse entonces en una forma rectangular, tal como vemos en la relación de la línea gruesa y su contorno (B).

A) *CARACTERÍSTICAS CONCEPTUALES DE LA LÍNEA*

- Carece de espesor y su longitud puede ser infinita
- Forma parte de otras formas geométricas
- Una sucesión de líneas o una línea que se desplaza en dirección contraria a su longitud genera un plano
- Una línea cerrada puede generar un contorno
- Un conjunto de líneas distribuidas en las tres dimensiones configuran un volumen sólido cuando ocupan todo el espacio
- Un conjunto de líneas distribuidas en las tres dimensiones configuran un volumen hueco cuando forma superficies unidas entre sí envolviendo un espacio
- La línea es un elemento muy expresivo y versátil que crea tensión y afecta al resto de elementos cercanos
- Casi siempre expresa movimiento, dinamismo, tensión y dirección
- En el campo bidimensional, la línea separa espacios

B) *LA LÍNEA COMO ELEMENTO DE EXPRESIÓN*

La línea recta

La línea es el camino más corto entre dos puntos, al menos en términos conceptuales, ya que, prácticamente, nuestro mundo está basado en curvas. Sin embargo, la línea recta, horizontal, vertical, o inclinada, es un elemento muy útil en cualquier creación humana, tanto gráfica como tridimensional (fig. 26). Si el punto era, conceptualmente, inerte, la línea, aunque sea horizontal, expresa sensaciones como el equilibrio, la calma o la estabilidad (A), pero impulsa a pensar en un desplazamiento suave hacia cualquiera de los dos extremos, sensación que se reforzaría si en los extremos hubiera una terminación en punta (B). La línea vertical, en cambio, transmite la idea de movimiento ascendente, una actividad más potente, marcada por el equilibrio de su posición, siempre en tensión, por considerarse que se trata de un equilibrio ligeramente inestable ante la posibilidad de que se incline hacia un lado u otro (C). Para impedir esa dicotomía perceptiva, en ocasiones se emplea una línea horizontal en el extremo inferior que sirva de estabilizador visual, tal como apreciaríamos en la naturaleza con el árbol respecto al suelo (D).

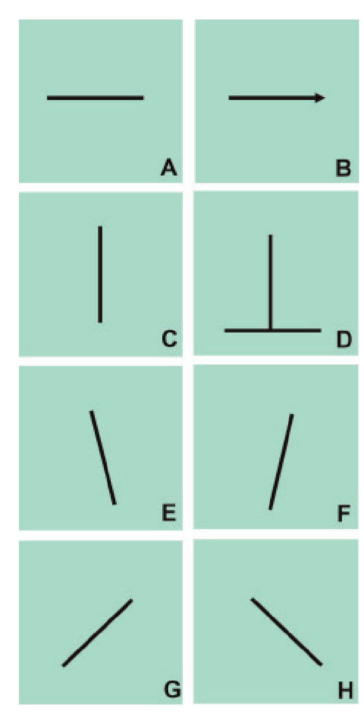
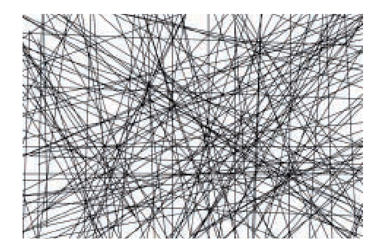


Fig. 26. Expresión de la línea recta en distintas posiciones. Las tensiones visuales y la direccionalidad varían según su relación con el espacio circundante.

En cuanto a las líneas inclinadas, éstas propician siempre una sensación de agitación y movimiento. Son formas muy dinámicas, porque rompen nuestra estructura de horizontalidad y verticalidad que nos acompaña en lo cotidiano. Si éstas son casi verticales o casi horizontales, generan sensaciones de inestabilidad y de ambigüedad, porque no están completamente en la posición estable y refuerzan así la imagen de un elemento que está a punto de caer (E y F). Por el contrario, la línea a 45º adquiere un estatus distinto, precisamente por dividir el espacio del ángulo recto en dos partes iguales, siendo también más reconocible en una composición gráfica (G y H). En todo caso, la línea recta inclinada puede tener lecturas diferentes de ascensión o descenso, en función de su orientación. Si la línea se inclina de izquierda a derecha, ésta puede parecer ascendente o descendente, pues nuestro modo de leer es de izquierda a derecha.

La línea recta puede ser positiva o negativa en función del fondo. La expresión visual de una composición basada en este principio puede desembocar en relaciones de dinamismo o de tensiones muy diferentes a causa del contraste inverso, como se observa en estas dos muestras de igual estructura pero con inversión de tonos (fig. 27).



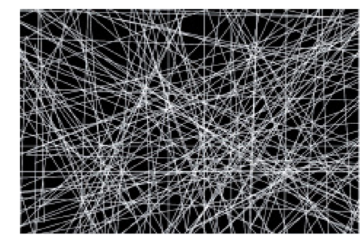


Fig. 27. La relación de la línea en el fondo produce sensaciones muy distintas y crea relaciones dinámicas.

Desde el punto de vista conceptual, una sucesión de líneas que se extiende en una dirección puede crear un plano, como se puede observar en este peine africano (fig. 28). En éste, las púas son el resultado de tallar una plancha de madera, pero al estar tan juntas mantienen la continuidad visual del plano estableciendo un ritmo entre los huecos y las púas longitudinales. Si los huecos fueran mayores, se perdería la sensa-

ción de plano; de la misma manera, si los elementos lineales estuvieran en contacto, desaparecería la imagen de líneas sucesivas para convertirse en un plano físico.



Fig. 28. Las púas de este peine africano producen la sensación de plano por estar tan cercanas entre sí.



Fig. 29. Un grupo de elementos lineales agrupados en las tres dimensiones genera un volumen.

Cuando las líneas se agrupan en dos direcciones opuestas a su longitud, pueden formar un volumen o bloque. En esta imagen (fig. 29), su consideración como elementos lineales nos permite apreciar que los lápices compactan el espacio, generando un bloque de tres dimensiones.

En el diseño de objetos, las posibilidades de la línea recta como elemento compositivo y de generación de estructuras son muy variadas: combinando los perfiles y los espesores de las varillas, y «dibujando» en las tres direcciones del espacio con estos elementos, se logran ideas sencillas e interesantes, como el perchero y los revisteros que ilustran esta aseveración (figs. 30, 31 y 32).



Fig. 30. Maqueta de perchero. Diseño de Joan Alcayde (2008).

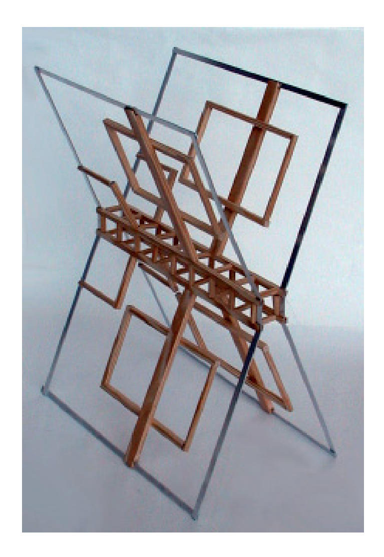


Fig. 31. Modelo de revistero constructivo basado en juegos de rectángulos. Diseño de Javier Cortés (2003).



Fig. 32. Revistero lineal con varilla continua de aluminio. Diseño de Miriam Espurz (2003).

La línea curva

Al hablar de la línea curva nos hallamos ante un elemento visual potente, con gran fuerza expresiva y siempre llena de tensiones generadas por su propio dinamismo. En su condición de elemento libre puede sugerir un movimiento simple y definido, como el arco, hasta un movimiento caótico, como el de un garabato, sin reglas aparentes. Cuando un arco regular prosigue su dirección equidistante a un centro imaginario puede llegar a configurar una circunferencia, un contorno circular, perdiendo parte de su dinamismo al dar forma a un elemento superior y más estable.

Sin profundizar en exceso, si consideramos una curva abierta, simple y simétrica, según la posición que adopte producirá sensaciones muy variadas y establecerá estructuras visuales muy singulares (fig. 33): curvada con los extremos hacia arriba, provoca un movimiento de balanceo, de ascensión equilibrada en los dos extremos, de contenedor del espacio próximo; curvada con los extremos hacia abajo, evoca una mayor pesadez, de equilibrio estático con tendencia a cerrar el espacio inferior; curvada con los extremos hacia la derecha, expresará una tensión de movimiento hacia la izquierda, asimilándose, en cierto modo, a una flecha de punta redonda, aunque con tendencia a empujar arriba y abajo; por fin, curvada con los extremos hacia la izquierda, expresará una tensión de movimiento hacia la derecha, actuando de la misma manera que en el caso anterior, pero a la inversa, y con la misma tendencia a empujar arriba y abajo.

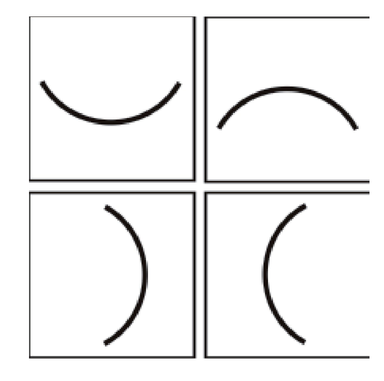


Fig. 33. Una simple línea curva es capaz de proporcionar sensaciones diferentes según la posición que presente: calma, balanceo, movimiento tenso, etc.

Indudablemente hay muchas más posibilidades de analizar la posición de las líneas curvas, considerando, además, su mayor o menor apertura, su relación con otras líneas, etc., pero, al final, comprobaremos que para captar el dinamismo de las líneas curvas y la percepción de sus sensaciones basta con comparar su aspecto con las formas de la naturaleza o de nuestro entorno y relacionar las sensaciones que nos provocan. En la naturaleza es muy difícil encontrar formas lineales rectas y puras, siendo más frecuentes las curvas, como las barbas de las plumas o los hilos de la tela de araña (figs. 34 y 35). Las imágenes que producen y las texturas que ofrecen son fuente de inspiración para muchas expresiones del diseño gráfico, pero también en el diseño industrial.



Fig. 34. Las ligeras barbas de la pluma son formas lineales curvas muy sugerentes.

Fig. 35. Una tela de araña permite comprender la ingeniería constructiva de una red de entramados ligeros y resistentes en forma radial.

La línea curva es capaz de configurar formas en el espacio por su versatilidad y fuerza expresiva. Como concepto lineal geométrico puede desarrollar formas tridimensionales al prolongarse en el espacio de manera regular (fig. 36), algo que el diseño industrial ha utilizado para crear objetos domésticos tan sencillos y útiles como el clip (fig. 37) o un frutero (fig. 38), si bien este potencial se ha aprovechado, sobre todo, en el ámbito de la arquitectura y del mobiliario urbano (fig. 39). Por otra parte, cuando las líneas curvas se combinan de forma libre pueden dar la impresión de estar ante un objeto casi natural, como la silla diseñada por André Dubreuil (fig. 40).



Fig. 36. Una varilla curvada de manera helicoidal se convierte en un muelle tridimensional, creando una sensación cilíndrica.



Fig. 39. La cúpula es una forma muy frecuente en la arquitectura, pero su uso a escala reducida tiene la posibilidad de servir como lugar de juegos en el parque.

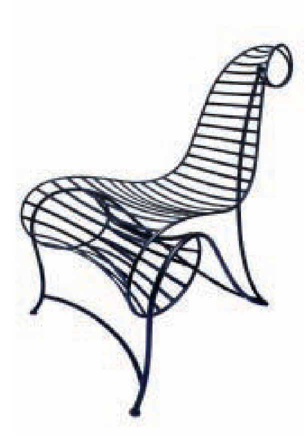


Fig. 40. La silla diseñada por André Dubreuil (1990) representa un juego de líneas curvadas que dan forma a un objeto casi escultórico.



Fig. 37. El clip, realizado con una pequeña varilla de metal curvado, es un objeto industrial cuyo diseño ha permanecido invariable a lo largo de los años.



Fig. 38. Las varillas curvadas entrelazadas entre sí pueden servir de contenedor.

1.1.4. El plano

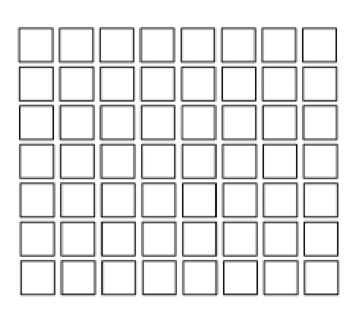


Fig. 41. Un mismo contorno (el cuadrado) repetido y distribuido regularmente produce la sensación de superficie plana.

Si el desplazamiento de un punto generaba la línea, una línea que se desplaza en dirección perpendicular a su longitud, como ya hemos dicho en otra ocasión, puede generar un plano. Por ejemplo, una línea recta que se desplaza alrededor de un eje, crea la superficie de un cilindro. Claro, que esto es una manera de entenderlo, porque, como se ha dicho antes, cuando una línea pierde la relación entre longitud y anchura, también forma un plano, en este caso, rectangular o cuadrado. Pero también hay otra manera de entender el plano gracias a la línea: cuando la línea cierra un contorno puede sugerir un espacio enmarcado que se entiende como plano gracias a las tensiones que se generan entre las líneas limitadoras. Por ejemplo, si nos fijamos en la figura 41, en donde una sucesión de cuadrados organizados conforman una imagen mayor, somos capaces de abstraer la forma para simplificarla como un plano cuadrado creado a partir de numerosos cuadrados más pequeños. Algo parecido sucede en la imagen con superposición de rectángulos lineales (fig. 42). Aunque no hay un plano, sino líneas entrecruzadas, nuestra impresión es la de percibir una superficie. Y lo mismo pasa cuando una sucesión de líneas concéntricas cierran, aparentemente, un espacio (fig. 43-A): la imagen de superficie es tan potente que, incluso es capaz de sugerirnos la tercera dimensión si se curvan en otra dirección (fig. 43-B).

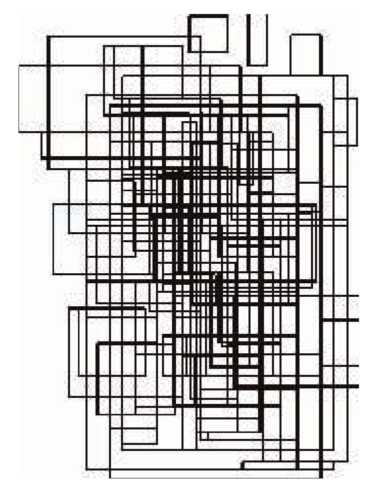


Fig. 42. Un plano conceptual puede estar constituido por numerosas figuras lineales superpuestas.

Tal como vemos, el plano puede adoptar numerosas formas, pero también colores. Tantas posibilidades de combinación permitirán desarrollar composiciones infinitas con gran poder de sugestión e interés visual. En general, hay autores que hablan de formas al referirse a contornos cerrados, y otros, en cambio, se refieren a porciones de plano definidas, pues, como concepto geométrico, el plano es infinito.

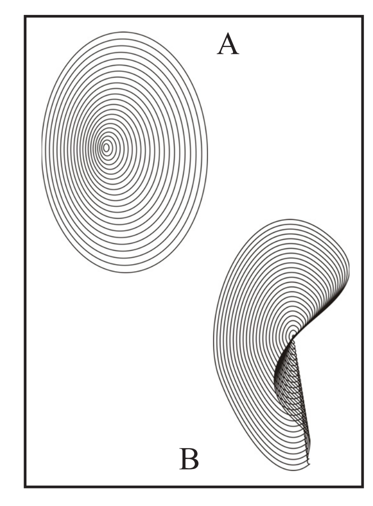


Fig. 43. Es tan potente la sensación de cierre en las circunferencias concéntricas que nos resulta difícil entenderlo como líneas y no como un plano circular (A). Al «doblar» esta imagen, conseguimos producir la sensación de tridimensionalidad (B).

A) *CARACTERÍSTICAS CONCEPTUALES DEL PLANO*

- Carece de espesor y su superficie puede ser infinita
- Abarca o incluye al punto y a la línea
- Una sucesión de planos o un plano que se desplaza en dirección contraria a su extensión genera un volumen sólido
- El plano puede ser recto o curvo: el primero se extiende en dos dimensiones del espacio (bidimensional) y el segundo se extiende en tres (tridimensional)
- Tres planos rectos, o más, que se cortan entre sí, envolviendo un espacio, pueden configurar un volumen hueco
- El plano recto es un elemento poco expresivo, pero su presencia genera separación y división, afectando al resto de elementos cercanos
- El plano curvo es dinámico y si se cierra sobre sí mismo puede generar un volumen geométrico (esférico o esferoidal) o un volumen orgánico

B) *EL PLANO COMO ELEMENTO DE EXPRESIÓN*

Las formas básicas en el diseño pueden estar constituidas por su superficie (plano) o por el contorno (el límite). Tanto si se entiende como porción de plano o como un simple contorno, evitaremos la dicotomía si pensamos en la forma como concepto fundamental. Se consideran tres formas primordiales, las cuales provienen de los conceptos de verticalidad, horizontalidad, centro, inclinación y simetría: el círculo, el cuadrado y el triángulo equilátero. Cada uno posee un carácter específico, un significado y unas propiedades particulares en relación con su tamaño relativo, su color, su textura o su disposición. De ellos surgen múltiples variantes geométricas que proporcionarán una riqueza formal extraordinaria, cuyas características morfológicas se asociarán a algunas características propias de las figuras básicas de las que han evolucionado.

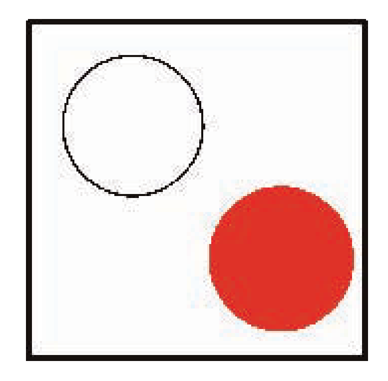


Fig. 44. El círculo es la superficie interna que recorre la circunferencia, como muestra este esquema, en donde se aprecia la circunferencia y a su lado un círculo rojo.

El círculo

El círculo representa el plano y la circunferencia su contorno (fig. 44). Esta figura se caracteriza por tener su límite (el contorno) curvado y equidistante de un centro imaginario. Se considera una forma enigmática y perfecta desde la antigüedad, pues, se mire como se mire, no cambia de estructura visual ni tampoco su relación con otros elementos próximos. Esta figura ejerce la fascinación del movimiento y la rotación, representado por la rueda que gira y que se vuelve a ver como forma simbólica a través de la luna y su ciclo. Esta mezcla de conceptos, el movimiento incesante y la fuerza expresiva del círculo o disco, se ha extendido en numerosas actividades y pensamientos humanos, como el sentimiento de pertenencia a un lugar, representado, por ejemplo, en el símbolo de Sicilia: la «Trinacria» (fig. 45).



Fig. 45. La Trinacria es un símbolo siciliano que representa el movimiento a través del círculo y la figura interna con tres piernas en actitud de correr.

La forma circular, en pequeña escala, equivale al punto, a un centro de atención de gran poder simbólico, y remite a connotaciones tales como protección, fertilidad, totalidad, infinitud, divinidad celestial y origen del universo. En lo que respecta a su capacidad de expresión, representa dos conceptos opuestos: desde el giro incesante hasta el punto más estático; de esta ambivalencia surgen las tensiones visuales en su disposición espacial.



Fig. 46. Una sucesión de discos circulares sobre un eje circular produce una forma toroidal.

En cuanto a su capacidad de sugerir formas tridimensionales, desde un punto de vista conceptual, el círculo que se repite a lo largo de un eje, recto o curvo, genera volúmenes cilíndricos, como estas dos formas básicas construidas a partir de un círculo o de un disco: la forma toroidal (fig. 46) y el cilindro representado en esta maqueta de lámpara (fig. 47). De la misma manera, una esfera puede formarse a partir de círculos superpuestos que se reducen a lo largo de un eje desde el ecuador hacia los polos (fig. 48-A), o también por círculos a modo de meridianos y paralelos (fig. 48-B).



Fig. 47. Maqueta de lámpara formada por discos que albergan un tubo luminoso en su interior. Diseño de Pablo Gastón (2003).

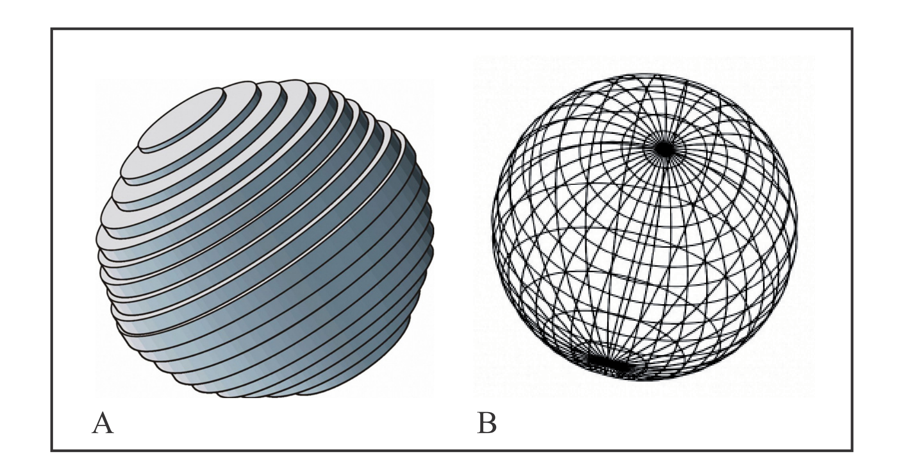


Fig. 48. Dos formas conceptuales a considerar, una esfera a partir de círculos que cambian de diámetro hacia los polos (A) o de círculos que actúan de meridianos y paralelos (B).

El cuadrado

El cuadrado, gracias a sus cuatro lados y ángulos iguales, resulta una figura muy estable y representa el equilibrio y la estabilidad. Su centro viene determinado por el cruce de sus diagonales, pero no le impulsa a girar por la fuerza visual de sus cuatro esquinas. Por ello, mantenido sobre uno de sus lados, expresa horizontalidad y verticalidad, siendo más neutro y menos sugerente que sus derivados (los rectángulos). En esta disposición, el cuadrado se asocia a conceptos como permanencia, simetría, quietud, bienestar y tranquilidad (fig. 49-A). Sin embargo, cuando se coloca apoyado sobre uno de sus vértices, a pesar de mantener un relativo equilibrio por la simetría, sugiere mayor dinamismo y se potencia su incierta quietud, además de su tendencia a la ascensión, marcada por la punta del vértice superior (fig. 49-B-C).

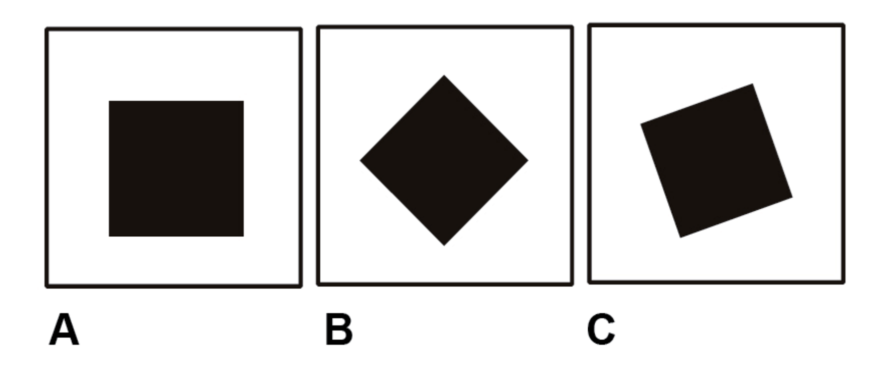


Fig. 49. El cuadrado, siendo una figura estable y estática, puede provocar sensaciones de movimiento si tan sólo se apoya sobre un vértice.

Del cuadrado se derivan otras figuras, por modificación de sus lados sin variar sus ángulos: los rectángulos. Éstos adoptan propiedades análogas al cuadrado, si bien sugieren menos perfección y pureza formal. Por su tendencia, pueden ser rectángulos horizontales y verticales. Los primeros son muy estables por tener una base mayor respecto a su altura (fig. 50-A), y por ello sugieren solidez, pesadez, dureza y descanso, mientras que los segundos, con orientación vertical, provocan una sensación de elevación y estiramiento, de mayor dinamismo e, incluso, de cierta inestabilidad cuanto más estrecha sea su base (fig. 50-B). En el caso de

apoyarse sobre uno de sus vértices, en ambos casos el rectángulo será muy inestable y desequilibrado, dando la sensación de que se va a caer sobre uno de sus lados, generalmente, el mayor (fig. 50-C).

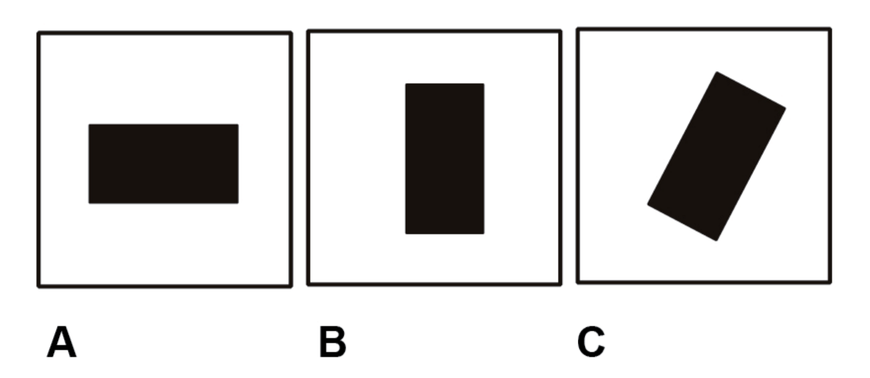


Fig. 50. Tres posiciones del rectángulo que implican un cambio de estabilidad visual según su posición.

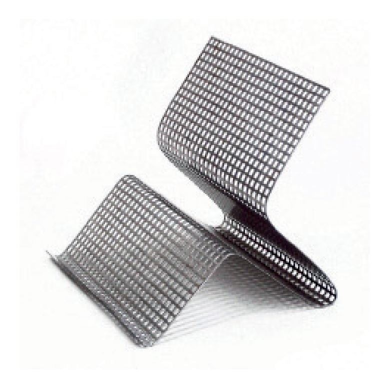


Fig. 51. Atril realizado con plancha metálica con perforaciones cuadradas. Diseño de Corina Díez (2007).

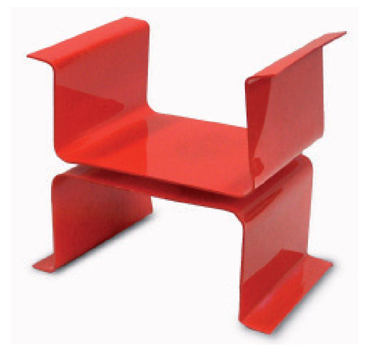


Fig. 52. Maqueta de mueble auxiliar polivalente. Diseño de María Olucha (2007).

Un plano cuadrado o rectangular, al cambiar de dirección, puede pasar a la tercera dimensión y generar espacios envolventes, como este atril de metal calado que se extiende de forma ondulante (fig. 51), o este modelo de mueble auxiliar polivalente de plástico, concebido mediante la repetición del mismo plano curvado en sus extremos (fig. 52).

En cuanto a su sentido conceptual, si tomamos varios cuadrados y los unimos por sus aristas, el espacio se divide en subespacios limitados por las caras cuadradas. En el caso de unir seis cuadrados por sus aristas, obtenemos un cubo hueco (fig. 53). Y si repetimos varias veces el cubo, superponiéndolo, generamos una red tridimensional y, en este caso, volvemos a obtener un cubo formado por pequeños hexaedros (fig. 54). Por último, al apilar numerosos planos cuadrados o rectangulares también se interfiere en el espacio, ocupándolo masivamente y formando distintos sólidos geométricos, como el cubo, o, como en la imagen, un prisma de libros apilados (fig. 55).

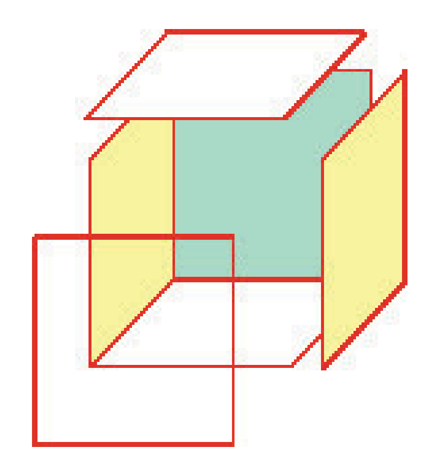


Fig. 53. Un espacio puede estar encerrado por varios planos y determinar un poliedro, como el hexaedro o el cubo.

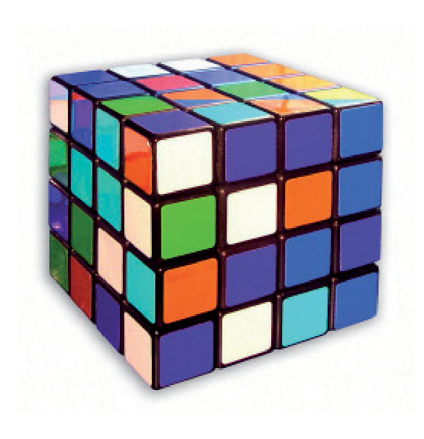


Fig. 54. El cubo de Rubik está formado por unos pequeños cubos unidos entre sí.

El triángulo equilátero

El triángulo equilátero es el polígono regular con menos lados, siendo éstos iguales en dimensión y los ángulos que forman también son iguales. Se trata de una figura muy estable, aunque menos que el cuadrado, ya que su direccionalidad queda marcada por la tendencia inclinada de sus lados y por su forma de flecha ascendente cuando se apoya sobre uno de sus lados (fig. 56-A). En esta posición puede implicar verticalidad, agudeza y seguridad, pero se le puede asociar asimismo conceptos significativos como acción, tensión y agresividad.



Fig. 55. Apilando distintos planos rectangulares o cuadrados podemos obtener un volumen prismático o cúbico dependiendo de las proporciones de la aristas.

En el caso de apoyarse sobre uno de sus vértices, su simetría no impedirá que provoque una sensación incómoda de inestabilidad, e incluso de giro, ya que la parte superior es más ancha y tiene mayor peso visual, y, por otra parte, las puntas de los vértices superiores influyen en la tendencia direccional hacia la derecha o hacia la izquierda indistintamente (fig. 56-B). Sin embargo, también puede crear la idea de empuje hacia abajo, clavándose en el suelo. En el caso de que uno de los vértices se disponga «mirando» hacia la izquierda o hacia la derecha, la sensación que obtendremos, probablemente, es la de desplazamiento hacia una u otra dirección: hacia delante o hacia atrás, como recuerdo subliminal de los códigos que se dibujan en los mandos de los aparatos de música o vídeo (fig. 56-C).

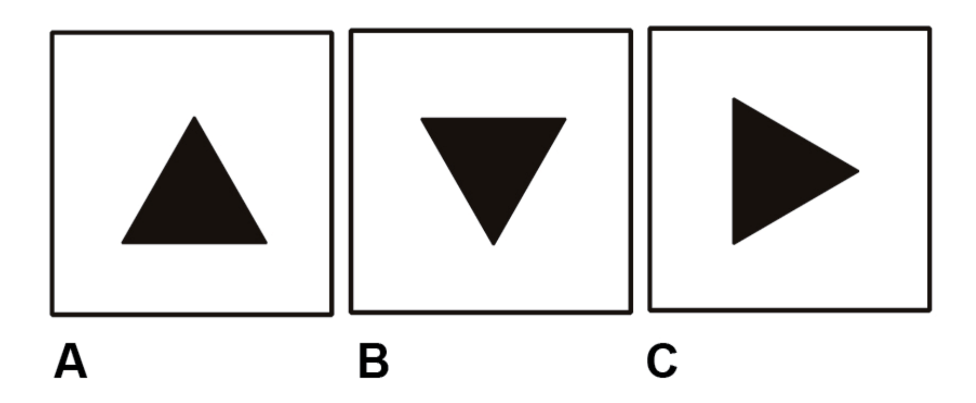


Fig. 56. La forma triangular es muy potente y dinámica, pero también puede resultar agresiva.

Si el triángulo se repite girando sobre su altura, se origina un cono sólido, ocupado por infinitos triángulos (fig. 57). Esta formación cónica también se puede considerar a partir del círculo repetido y decreciente a lo largo del eje central (fig. 58). Pero la utilidad del cono reside generalmente en su capacidad de contener un espacio vacío, y así se produce cuando el triángulo, como simple contorno, gira sobre su eje, cerrando el espacio que queda dentro (fig. 59). En esta figura se inspiró indudablemente Aldo Rossi para crear su *Tetera cónica* (fig. 60).

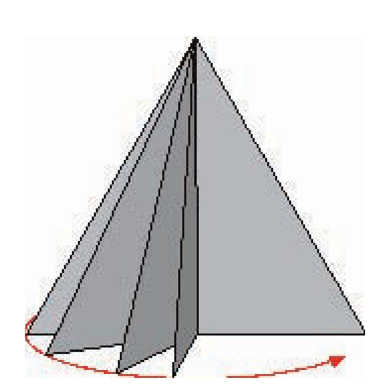


Fig. 57. Un triángulo que se repite respecto a un eje puede producir la imagen de un cono.

Como podemos ver, su naturaleza, un tanto ambivalente, generará sensaciones que dependerán del contexto y de su ubicación respecto a otros elementos.

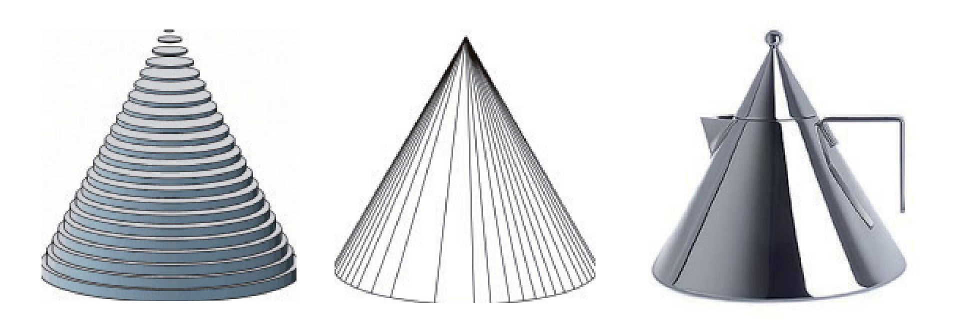


Fig. 58. Conceptualmente, el cono se puede formar apilando círculos de diámetro decreciente.

Fig. 59. Al hacer girar rápidamente una línea inclinada respecto a un eje es imposible no visualizar el cono hueco.

Fig. 60. Tetera cónica, diseñada por Aldo Rossi.

1.1.5. Esquemas volumétricos

Hemos visto algunos ejemplos de las formas derivadas de las formas básicas (círculo, cuadrado y triángulo) y sus posibles asociaciones volumétricas. Sin embargo, en este último apartado vamos a considerar la generación de los volúmenes geométricos a partir de la unión entre dos conceptos del plano, tal como se muestra en los esquemas a continuación.

Este primer esquema (fig. 61) permite la posibilidad de considerar conceptualmente la configuración de sólidos geométricos a partir de la unión entre los planos básicos descritos. Por ejemplo, cuando varios círculos se unen teniendo el diámetro en común generan una esfera; si una figura tiene todas sus caras cuadradas es un cubo, y si son triángulos equiláteros obtenemos un tetraedro (fig. 62).

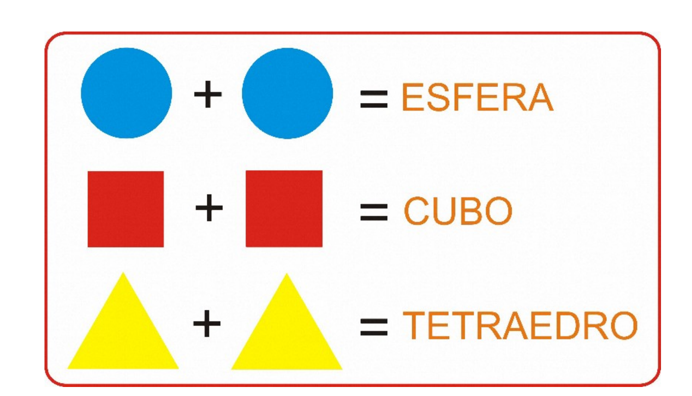


Fig. 61. Esquema básico sobre la formación de sólidos geométricos con la unión de planos de igual forma.

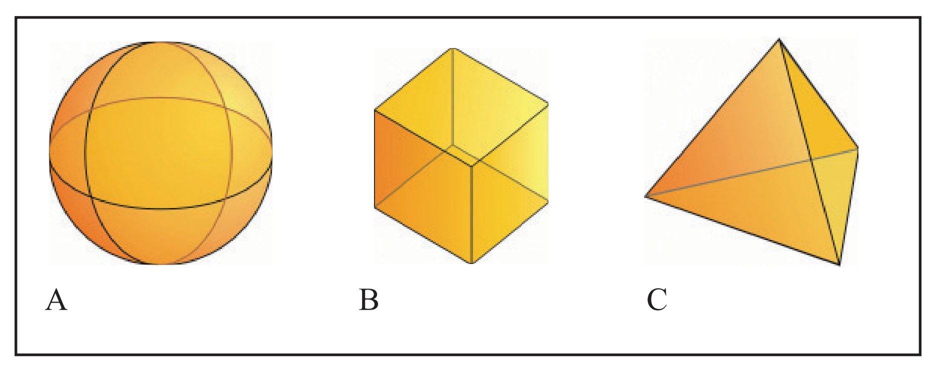


Fig. 62. La formación de sólidos geométricos a partir de los planos básicos (círculo, cuadrado y triángulo) puede dar lugar a la esfera (A), el cubo (B) y el tetraedro (C).

En el segundo esquema (fig. 63), siguiendo el principio anterior, pero con la combinación de dos planos básicos distintos, podemos observar que un cilindro se puede formar con un cuadrado que gira sobre su eje central (sus bases serían dos círculos); una pirámide se forma con cuatro triángulos equiláteros y un cuadrado de base; y, por último, un triángulo que gira sobre su altura forma un cono, cuya base sería, evidentemente, un círculo (fig. 64).

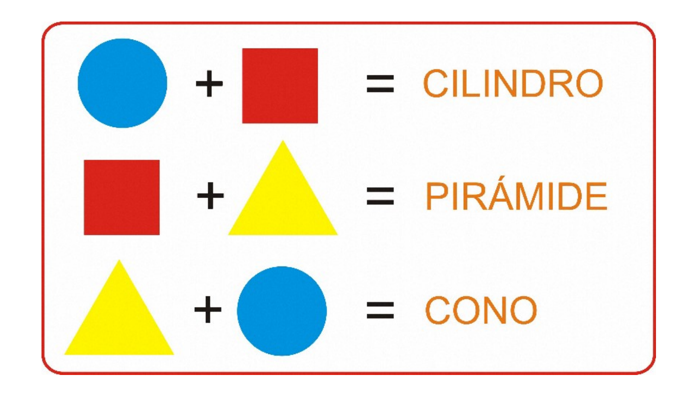


Fig. 63. Esquema básico sobre la formación de sólidos geométricos con la combinación de dos planos distintos.

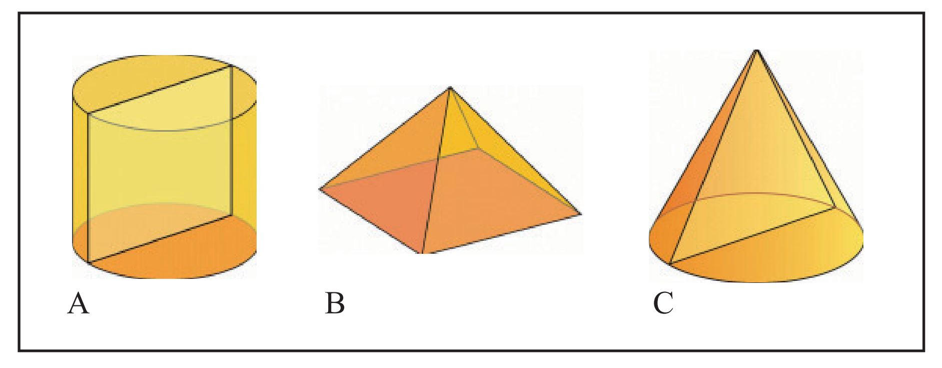


Fig. 64. La formación de sólidos geométricos a partir de los planos básicos (círculo, cuadrado y triángulo) también puede dar lugar al cilindro (A), la pirámide (B) y el cono (C).

Utilizando un mecanismo de configuración parecido, aunque en relación con otras figuras geométricas (rectángulo, pentágono, hexágono, etc.), la combinación para desarrollar volúmenes geométricos es muy amplia, abarcando sólidos regulares e irregulares: prismas, poliedros y figuras de revolución (esferoides, hiperboloides, etc.). Por ejemplo, un prisma triangular se construiría a partir de la relación entre el triángulo (las bases) y el rectángulo (las caras laterales) y así sucesivamente las demás formas.

En cuanto a su utilidad y expresión en el ámbito de los objetos, los sólidos geométricos más simples han constituido parte integrante de muchos juegos de construcción tradicionales que, aún hoy, se realizan y se rediseñan para dar lugar a nuevas creaciones con nuevos materiales, como este tren de piezas desmontables (fig. 65).

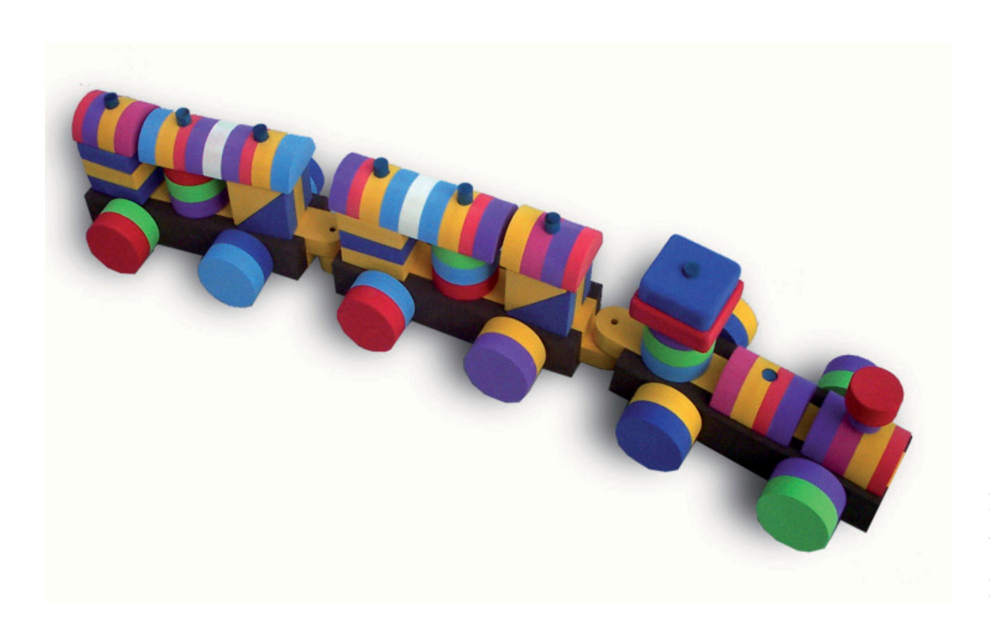


Fig. 65. Tren desmontable con piezas cilíndricas y prismáticas, realizado con EVA. Diseño de Carlos Palau (2007).

1.2. Elementos conceptuales del diseño de productos

En el diseño de los objetos que nos rodean hay siempre un pensamiento reflexivo y otro intuitivo. El primero es el que se desarrolla a través del razonamiento, en función de los requisitos que debe cumplir el producto que se va a diseñar: uso, tamaño, forma, materiales, proceso de fabricación, etc. Es la fase más técnica del proyecto de diseño, mientras que el pensamiento intuitivo consiste en integrar los conocimientos adquiridos a través de los estudios y de la experiencia al pensamiento reflexivo. En este sentido, el diseñador desarrolla un lenguaje formal que proporcionará al objeto no sólo la utilidad necesaria para su función, sino también una imagen visual y táctil que le imprimirá personalidad y capacidad de seducción. Esto, que parece tan abstracto, es el fruto de la sensibilización hacia las formas, de componer, disponer y articular los elementos para que su aspecto, además de útil adquiera un sentido estético.

Así pues, en las próximas páginas nos acercaremos a estas cuestiones de manera ilustrativa y general para descubrir las posibilidades de expresión formal de los objetos, pero también de la metodología, de las relaciones del producto con su función, con el destinatario y con el entorno.

1.2.1. La composición modular

La organización de elementos modulares que se combinan entre sí para ocupar el espacio con una finalidad constructiva es un tema de gran interés, tanto en la conceptualización del diseño de ciertos productos (envases, embalajes, mobiliario modular, etc.), como en la proyectación de arquitectura con desarrollos formales singulares. El conocimiento de algunas generalidades sobre estas cuestiones podrá servir para comprender mejor el sentido de las formas tridimensionales en relación al espacio envolvente y para descubrir algunos métodos de composición en tres dimensiones.

A) *CONCEPTO DE ESTRUCTURA ESPACIAL*

Vivimos en un mundo tridimensional y somos tridimensionales, como todo lo que somos capaces de tocar o percibir en el espacio circundante. El espacio está constituido por tres direcciones fundamentales que permiten el crecimiento y el desplazamiento en cualquiera de ellas. Cuando el crecimiento se realiza en las tres direcciones, en mayor o menor proporción, se está desarrollando una ocupación en tres dimensiones. Esto es el punto de vista conceptual que, como seres tridimensiona-

les, podemos ser capaces de entender a simple vista. Sin embargo, lo importante es analizar cómo se desenvuelven las formas en el espacio tridimensional, y cómo somos capaces de comprender los objetos, pues nuestra comprensión de las formas tridimensionales será fragmentaria si no los vemos desde varios puntos de vista.

Si contemplamos una superficie reticulada plana, por ejemplo, una cuadrícula (fig. 66-A), y disponemos en cada cuadrado un círculo amarillo inscrito en cada celda cuadrada, habremos obtenido una composición modular plana sobre una red bidimensional (fig. 66-B). Si esos mismos círculos se convierten en cilindros, saliendo hacia la tercera dimensión, obtendremos una composición modular tridimensional sobre una red bidimensional (fig. 66-C). Pero si, en vez de una superficie reticulada plana, la transformamos en una rejilla tridimensional, aumentando su profundidad, obtendremos una estructura de pared (fig. 66-D).

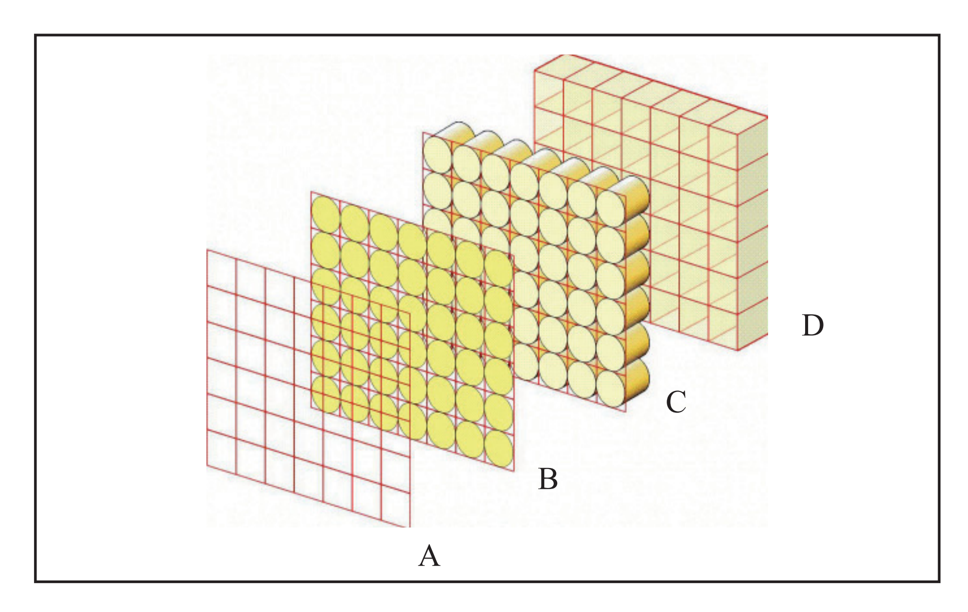


Fig. 66. En una red bidimensional (A) se puede distribuir una modulación de elementos planos (B) o de elementos que sobresalen hacia la tercera dimensión (C). Si es la malla la qe se extiende en otra dimensión, obtenemos una estructura de pared (D) que, a su vez, podría contener otros módulos.

Después, si esa estructura de pared se repite en la dirección de profundidad (hacia delante o hacia atrás), conseguiremos una verdadera estructura tridimensional, en este caso, una malla cúbica que compacta el espacio (fig. 67).

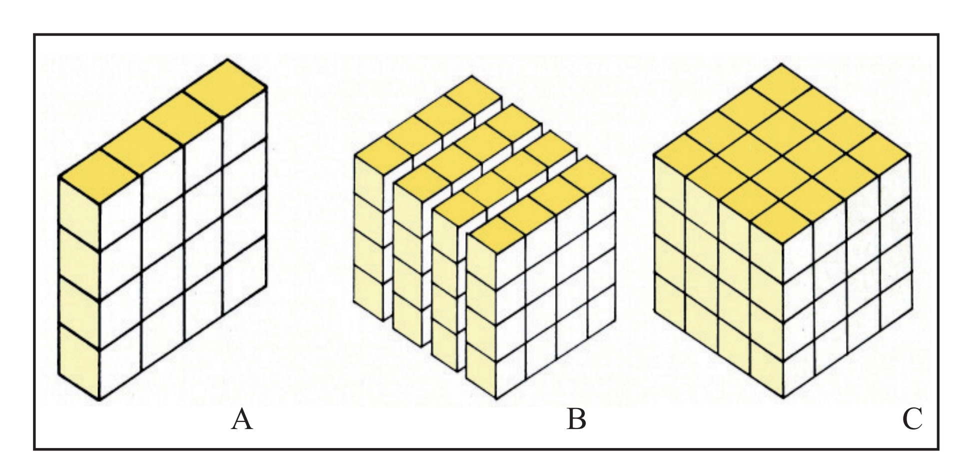


Fig. 67. Al repetir una estructura de pared formada por hexaedros (A) en la dirección de profundidad (B), se consigue organizar una red tridimensional que compacta el espacio (C).

B) *DEL PLANO AL ESPACIO*

Tal como se acaba de explicar, una red modular plana de cualquier tipo se puede transformar en tridimensional sin dificultad, al crecer en dirección opuesta al plano de la malla. Gracias a la representación de la perspectiva (caballera, axonométrica o cónica) la apariencia de tridimensionalidad en el plano de representación se refuerza dando lugar a una aparente espacialidad que nos ayuda a imaginar cómo se desenvuelven las verdaderas redes tridimensionales (fig. 68). No hay que olvidar que todas las imágenes que se muestran sobre el papel son planas y que la perspectiva sobre el plano es la herramienta que permite «ver», mediante la simulación, las formas y construcciones tridimensionales.

Por otra parte, la simple aplicación de color o de claroscuro sobre una estructura modular plana facilita, en algunas ocasiones, la representación de módulos tridimensionales, sobre todo cuando se trata de mallas de estructura triangular (fig. 69). Este recurso se ha utilizado a menudo en la decoración de pavimentos y revestimientos, generando sensaciones de tridimensionalidad muy variadas y sugestivas (figs. 70 y 71).

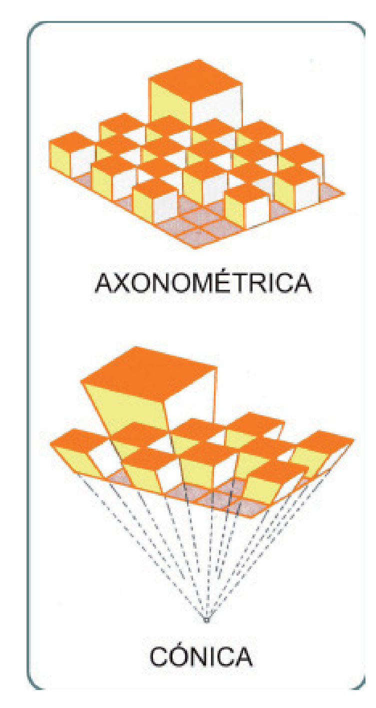


Fig. 68. Los sistemas de representación ayudan a comprender el crecimiento espacial a partir de una malla, en este caso de cuadros.

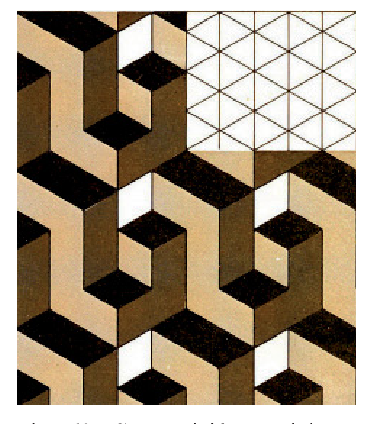


Fig. 69. Composición modular a partir de una malla triangular basada en los ángulos de representación isométrica.



Fig. 70. Pavimento de la Iglesia de San Giovanni in Laterano (Roma).

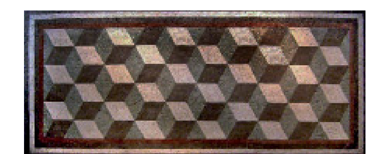


Fig. 71. Suelo de mosaico romano. Composición modular a partir de una malla triangular (Museo Arqueológico de Roma).

C) *MÓDULOS TRIDIMENSIONALES*

Hay muchos factores que permiten desarrollar infinitas combinaciones de modulación entre la red bidimensional y la tridimensional: cambios de forma, tamaño o posición del módulo, cambios de forma en la estructura reticular (cuadrada, triangular, hexagonal, etc.) o cambios en la disposición de las estructuras de pared (fig.72). Éstas pueden modificarse en función de la disposición de las celdas, lo que amplía las múltiples posibilidades de organización espacial. En este caso, si a la estructura

plana con celdas cúbicas superpuestas en vertical (A) le realizamos un desplazamiento delante-detrás, obtendremos una nueva estructura de pared (B).

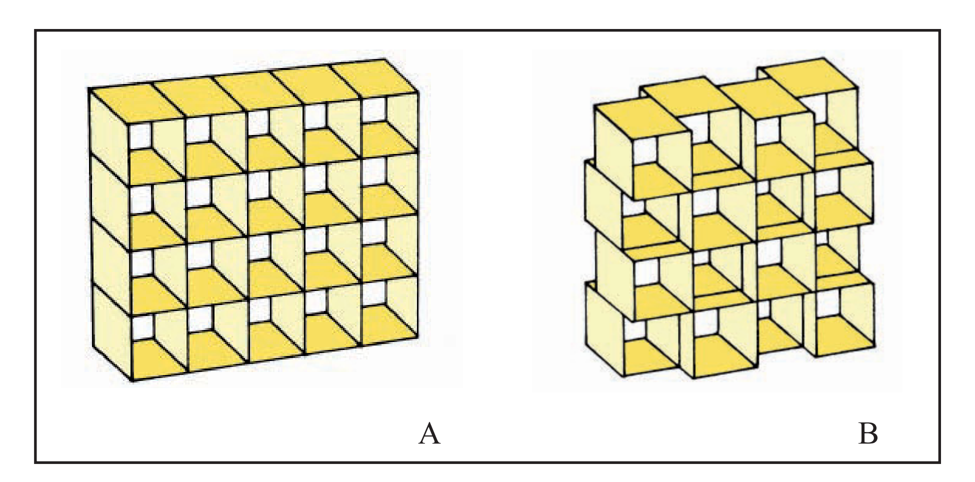


Fig. 72. Una estructura de pared puede variar en función de la disposición de las celdas y generar nuevas relaciones espaciales. En este caso, mediante desplazamiento delante-detrás.

En el campo del diseño, la utilidad de la modulación de celdas espaciales y su configuración como estructuras de pared tienen especial relevancia en su función como contenedores para el transporte de distintos productos: botellas, frascos, probetas, etc. La tipología de estos elementos es muy variada y se realizan con materiales de todo tipo (fig. 73).

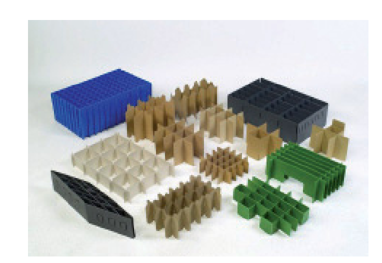


Fig. 73. Aplicación de la modulación de celdas espaciales como embalajes. Cartonajes Font.

Antes de proseguir, es conveniente delimitar el concepto y ampliar el significado de módulo tridimensional. Si el módulo, por definición, es un elemento adoptado como modelo básico que se repite sistemáticamente en una red o malla, el módulo tridimensional protagoniza la unidad tridimensional, más o menos compleja, que se puede repetir y combinar en cualquiera de las tres dimensiones del espacio, formando una estructura espacial. Pero para que exista un orden que regule la composición, es necesario que los módulos se sustenten sobre una red espacial determinada con antelación.

Fig. 74. Un cubo puede unirse a otros y compactar el espacio de muchas maneras.

Módulos básicos

Se considera que los módulos espaciales o tridimensionales básicos son el cubo, el tetraedro y la esfera, que se corresponden, a su vez, con el cuadrado, el triángulo equilátero y el círculo, referidos al plano. El cubo o hexaedro, entendido como módulo, puede formar redes compactas al repetirse con las caras en contacto (fig. 74), mientras que el tetraedro regular no lo permite, ya que este poliedro no puede encajarse con otros de su misma clase y tamaño. La disposición de sus ángulos y el contacto entre sus caras o entre sus aristas, genera espacios entre los módulos que no se pueden llenar sólo con otros tetraedros (fig. 75).

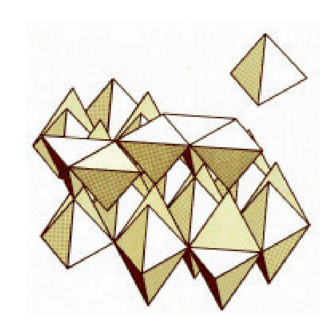


Fig. 75. Un grupo de tetraedros no aclanzan a compactar el espacio por completo.

En cuanto a la esfera, es muy evidente que un grupo de éstas no pueden cerrar un espacio, pues entre ellas, aunque tomen contacto en puntos tangentes, siempre quedarán espacios vacíos, tal como se aprecia en la imagen: aunque las balas esféricas de cañón pueden agruparse, dando lugar a una estructura geométrica, no llegan a compactar el espacio (fig. 76).

Fig. 76. Estas balas de piedra para cañón, aunque se han apilado de forma piramidal, dejan ver los espacios vacíos.

Otros módulos

Aparte de los módulos básicos, pueden desarrollarse otros módulos poliédricos más complejos, que son capaces de compactar el espacio, produciendo una red continua. Éstos son: el módulo prismático hexagonal regular, el módulo rombododecaédrico y el módulo heptaparaleloedro.

- *Módulo prismático hexagonal regular*
  Este tipo de módulo, que resulta de la combinación de seis módulos prismáticos triangulares (fig. 77) es equivalente a las celdillas de los panales de las abejas (fig. 78), pero también a la estructura prismática en forma de columnas hexagonales de las lavas basálticas al cristalizar rápidamente (fig. 79). Las formas de enrejado hexagonal han sugerido numerosas posibilidades de aplicación, desde paneles de plástico para reforzar y proteger zonas de crecimiento de césped (fig. 80) y de contenedores variados (botelleros, estanterías, etc.) hasta otros usos a partir de la deformación de la estructura de pared, como el frutero de epoxi diseñado por Arik Levy (fig. 81).

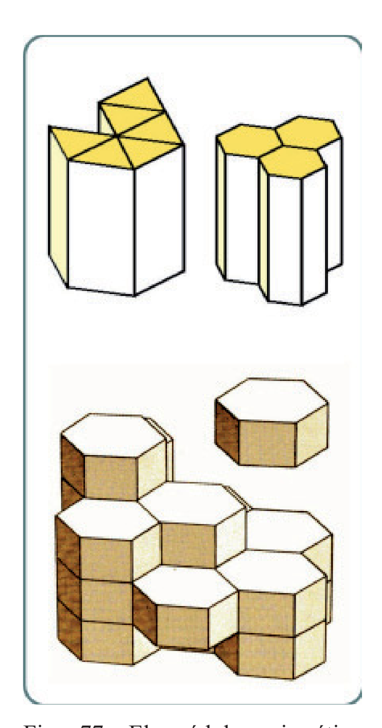


Fig. 77. El módulo prismático hexagonal regular resulta de la unión de seis módulos prismáticos triangulares.

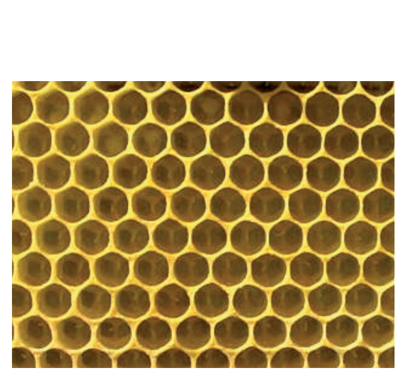


Fig. 78. Las celdillas de un panal de abejas compactan el espacio con el módulo prismático.



Fig. 79. También la cristalización de lavas basálticas genera módulos prismáticos hexagonales. Calzada de los gigantes (Antrim, Irlanda).

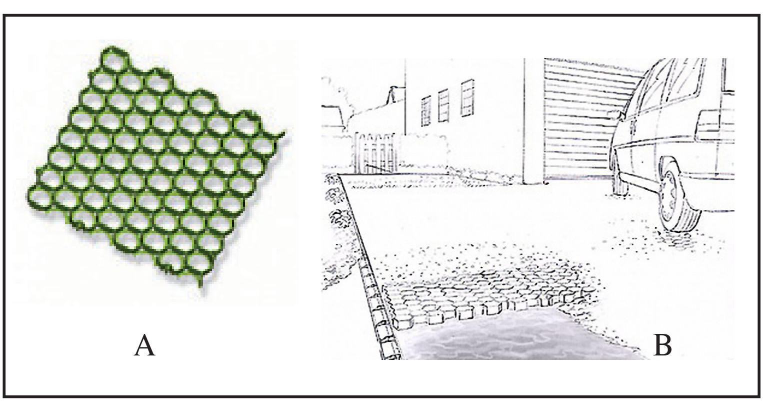


Fig. 80. «Salvaverde» es un panel de plástico para colocar el terreno de crecimiento del césped (A). Las celdas modulares permiten el crecimiento del césped y lo protegen de ser aplastado (B).

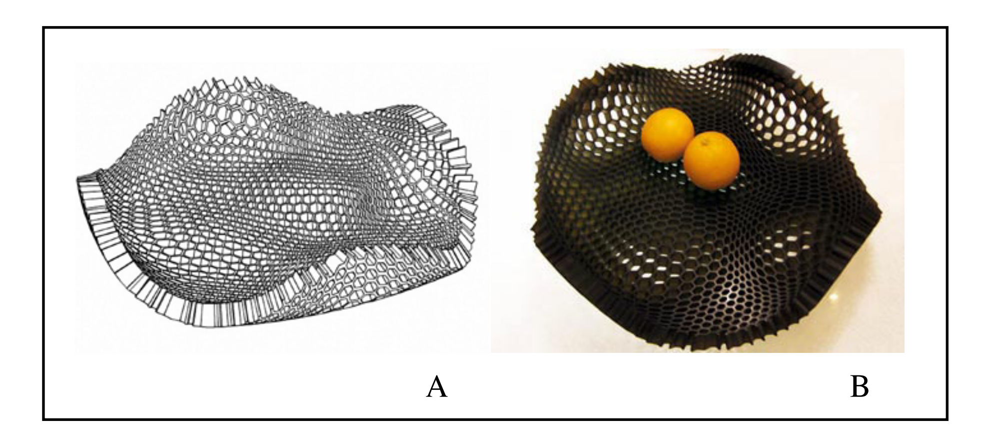


Fig. 81. La deformación de una estructura de celdas hexagonales (A) actúa de contenedor en este frutero diseñado por Arik Levy (B).

- *Módulo rombododecaédrico*
  El rombo dodecaedro, o dodecaedro rombal, formado por doce caras rómbicas, se genera al superponer sobre las caras del cubo pirámides cuyas caras contiguas estén en el mismo plano, de manera que el resultado es un poliedro con el mismo número de caras que aristas tiene un cubo, y de ahí su nombre (fig. 82). Algunos minerales cristalizan dando lugar a este tipo de poliedro irregular. Una manera de entender la generación de un dodecaedro rombal o rombo-dodecaedro, es la de considerar la unión de los volúmenes de dos cubos iguales de la siguiente manera (fig. 83): si se secciona uno de los cubos mediante las diagonales (A), se obtienen cuatro pirámides de base cuadrada (B) que, unidas al otro cubo por las caras cuadradas (C), configuran este poliedro (D).

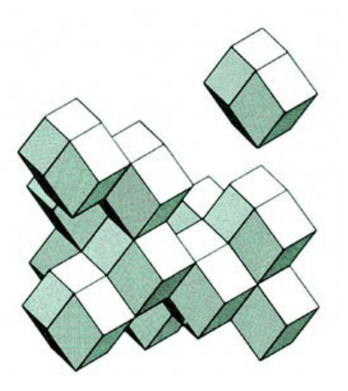


Fig. 82. Con doce caras rómbicas, el módulo rombododecaédrico puede compactar el espacio sin dejar huecos entre sí.

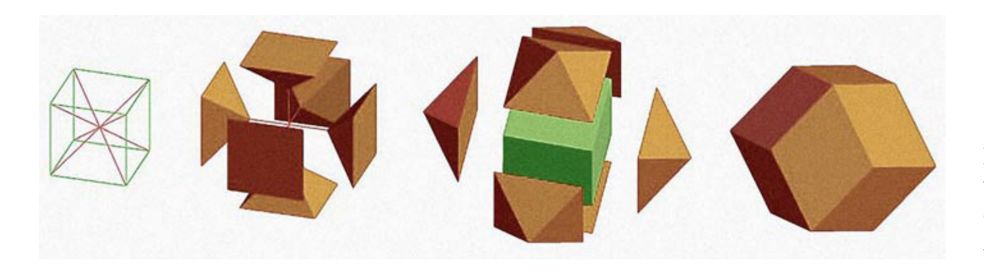


Fig. 83. Proceso de construcción de un dodecaedro rombal o rombododecaedro. Imágenes realizadas por Antonio Sicre Rambla.

- *Módulo heptaparaleloedro*
  También se conoce como *Poliedro de Lord Kelvin* o como octaedro truncado y está constituido por catorce caras, obtenidas al cortar los seis vértices de un octaedro, cuyas secciones son cuadrados. De las catorce caras, ocho son hexágonos regulares y seis son cuadrados (fig. 84). En algunos parques infantiles de ciudades y playas se pueden encontrar estructuras compuestas por cuerdas tensadas que sirven para que los niños puedan jugar entrando, subiendo o colgándose entre ellas. La estructura que forman estas cuerdas en el interior está formada por este poliedro, que también forma parte de los sólidos arquimedianos (figs. 85 y 86).

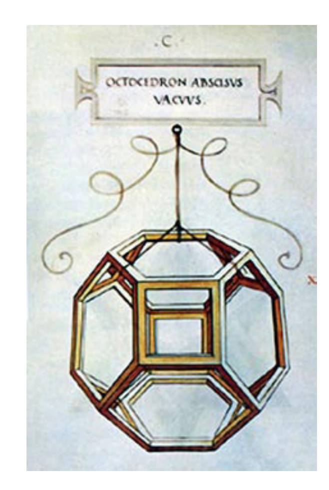


Fig. 84. El módulo heptaparaleloedro forma parte del grupo de los *Poliedros de Arquímedes*. Dibujo de Leonardo da Vinci.



Fig. 85. En este juego de parque infantil se aplican las redes espaciales basadas en el octaedro truncado.

Fig. 86. Las líneas amarillas superfluas a la fotografía indican dos de las catorce caras del poliedro.

En unos casos, las cuerdas parten de lo alto de un mástil hacia los vértices de un cuadrado trazado en el suelo, mientras que, en otros, surgen de los vértices de la estructura metálica de un poliedro de caras triangulares. En el interior de estas estructuras lineales se puede observar el poliedro básico que forman las cuerdas entre sí, tal como se ejemplifica en la figura 86 mediante trazos amarillos que muestran dos de las caras (el hexágono y el cuadrado) constituyentes.

A

B

Fig. 87. El desarrollo del hetpa-paraleloedro, octoedro truncado o poliedro de Lord Kelvin consta de ocho caras hexagonales y seis caras cuadradas (A). Este poliedro se acopla perfectamente para compactar el espacio y formar una red tridimensional (B).

Cada uno de estos módulos poliédricos, colocados unos al lado de otros, iguales entre sí y haciendo coincidir sus caras, aristas y vértices correspondientes, dan lugar a las redes espaciales o retículas compactas (fig. 87-B). Estructuralmente, las retículas formadas por el cubo, el prisma hexagonal, el rombododecaedro y el *Poliedro de Lord Kelvin* tienen la ventaja de compactar perfectamente el espacio sin dejar resquicios, siendo sus aristas de contacto las líneas imaginarias que constituyen la red. Por supuesto, al formar cada una de estas cuatro retículas espaciales, se pueden someter a deformaciones geométricas mediante alargamientos o aplastamientos en una sola dirección o en direcciones distintas y simultáneas, generando así una nueva retícula espacial, donde las dimensiones lineales y angulares habrán cambiado total o parcialmente. Sin embargo, no es difícil comprender que estas nuevas retículas seguirán conservando la propiedad fundamental de compactación del espacio, siendo infinitas sus posibilidades de expresión.

D) *ESTRUCTURAS ESPACIALES ALTERNATIVAS*

Además de los módulos citados, se puede compactar o macizar el espacio a partir de la combinación de dos o más poliedros diferentes, aunque, en esta disposición, se desarrollan otro tipo de redes espaciales más complejas y no siempre útiles para el proceso de modulación como método de diseño (figs. 88-A y 88-B).

También es factible obtener toda clase de estructuras espaciales a partir de redes modulares planas, aplicando el crecimiento geométrico desde el plano hacia el exterior y considerando numerosas opciones, desde la perpendicularidad de los planos respecto a la malla (fig. 89-A), hasta la convergencia en puntos equidistantes o puntos elegidos según un orden previo (fig. 89-B). La variedad es muy extensa y permite la experimentación creativa.

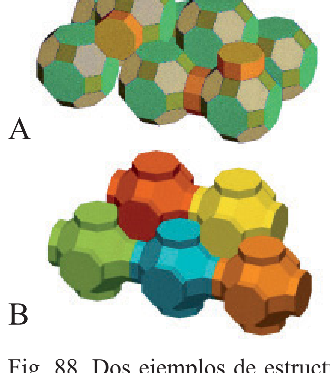


Fig. 88. Dos ejemplos de estructuras espaciales alternativas, configuradas con la unión de dos poliedros, el cuboctaedro rombitruncado (A) y el prisma de base octogonal (B). Dibujos de Antonio Sicre Rambla.

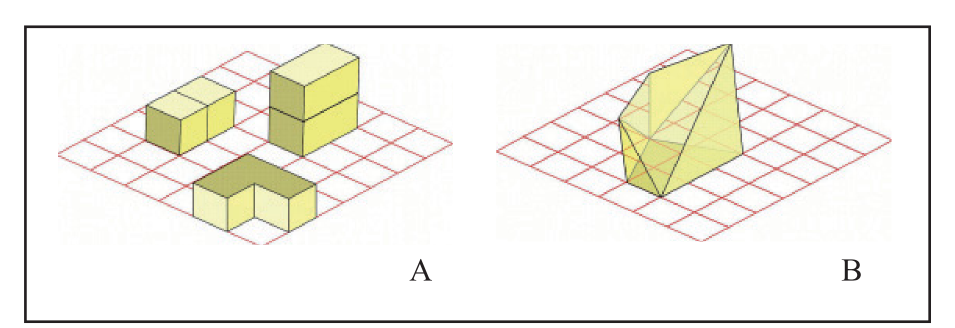


Fig. 89. Dos maneras de crear cuerpos geométricos que surgen de una malla bidimensional.

Una vez comprendida la procedencia y obtención de las redes espaciales o retículas dentro del plano bidimensional, se puede diseñar cualquiera de ellas, deformándolas o simplemente trabajando directamente sobre ellas. En este caso, por ejemplo, si deformamos convenientemente una retícula plana triangular, podemos producir una forma esférica (fig. 90-A), pero, por el mismo motivo, la deformación de esa misma red triangular, mediante presión o tracción, puede dar lugar a otras formas, algunas sencillas (fig. 90-B) y otras más complejas de carácter orgánico (fig. 90-C).

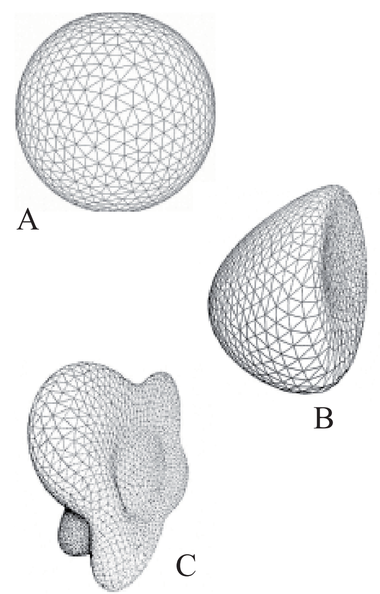


Fig. 90. Una retícula plana puede ser deformada para estructurar formas tridimensionales de infinita variedad.

Este sistema se emplea abundantemente en el modelado virtual de sólidos y figuras, como el diseño de la carcasa de un radiodespertador (fig. 91). Al aplicar, después, la piel sobre la retícula, la sensación de forma volumétrica es más patente y alcanza su máxima expresión cuando se definen los detalles que le imprimirán un aspecto realista.



Fig. 91. Proceso del modelado de un volumen virtual, desde la creación de la estructura reticular, hasta la definición de los detalles. Radiodespertador virtual diseñado por Juan López (2007).

E) *FORMAS DERIVADAS DE UN MÓDULO ESPACIAL*

En general, los módulos son el resultado de la búsqueda de formas dentro de las retículas o redes y que se repiten a lo largo de la composición.

Éstos pueden variar de color y de posición, pero nunca de tamaño y estructura. Los módulos espaciales pueden dar origen a submódulos, o formas derivadas, que pueden obtenerse de varias maneras. Tomando al cubo como referencia para comprender sus posibilidades, las formas derivadas pueden ser como se indican a continuación.

Formas lineales de carácter espacial

Estas formas surgen, por ejemplo, cuando se toman las aristas de un cubo como lugares de referencia para, desde ellas, lanzar líneas rectas o curvas en distintas direcciones, siempre fundamentándose en un orden concreto, como se aprecia en la figura 92. En este ejemplo, el cubo definido por sus aristas es en sí mismo un módulo lineal, pero si se pretende desarrollar módulos lineales diferentes a partir de esta o de otras figuras geométricas, se pueden tomar las aristas (A) o los vértices (B y C) como puntos de referencia para conectar las líneas que constituirán el módulo lineal buscado. Los trazados, marcados en las imágenes con color rojo, pueden ser rectos, curvos o mixtilíneos.

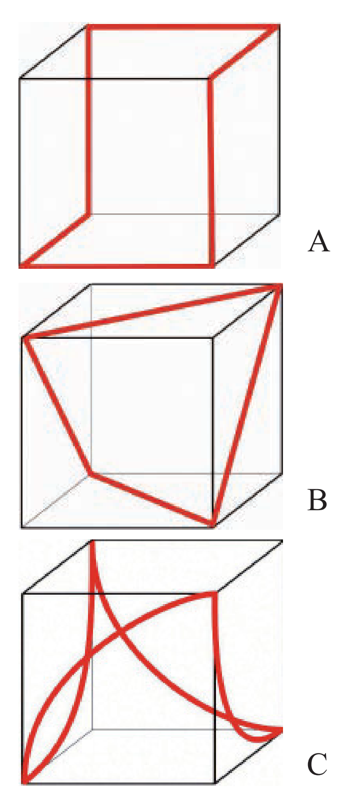


Fig. 92. Posibilidad de generar módulos lineales a partir de un cubo (líneas en rojo), tomando las aristas (a) o los vértices (b y c) como puntos de referencia.

Planos surgidos a partir de trazados internos que dividen el módulo

Si se disponen varias líneas enlazadas que unen distintos puntos de las aristas, según un trazado previsto a intervalos regulares, es posible formar superficies ligadas al espacio cúbico (fig. 93), aunque este procedimiento es sólo un medio para conseguirlo, ya que se puede lograr repitiendo un elemento lineal mientras gira y se desplaza, tal como se ha empleado en algunas obras arquitectónicas o, en este caso, en una escultura de Andreu Alfaro (fig. 94). Otra opción similar se basaría en la colocación de planos intercalados en las celdas cúbicas, cuya distribución rítmica y dirección constituiría un juego de formas interesantes para su aplicación modular (fig. 95). En este esquema los planos rectos se dirigen entre aristas opuestas del cubo, en tres posiciones distintas, pero se podría incrementar la variedad mediante planos curvos o planos que dividieran cada cubo de manera diversa.

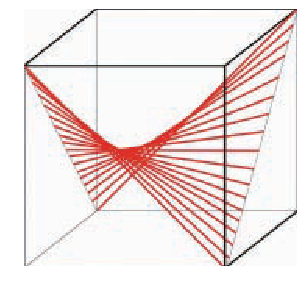


Fig. 93. El uso de líneas enlazadas, que unen distintos puntos de las aristas, puede configurar planos de infinitas posibilidades, dividiendo el espacio en el interior de un cubo.

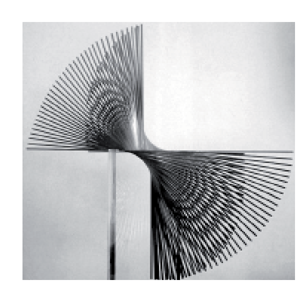


Fig. 94. En la escultura Suau suau, de Andreu Alfaro (1974), la repetición del módulo lineal mientras gira y se desplaza crea un plano curvo.

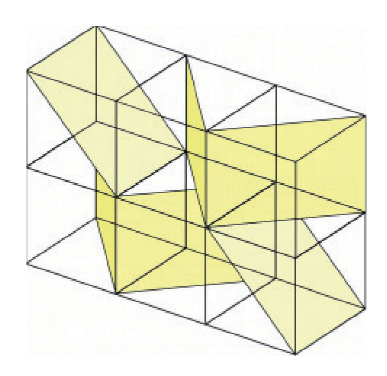


Fig. 95. Los planos intercalados en las celdas de la estructura generan formas derivadas del módulo cúbico.

Formas tridimensionales derivadas por corte y desplazamiento

Por ejemplo, si se corta un cubo en cuatro secciones paralelas (vertical u horizontalmente) y cada sección se desplaza a intervalos regulares o se gira ordenadamente respecto al eje central, se obtienen módulos espaciales muy variados (fig. 96). La aplicación de este método se puede extender a numerosas figuras geométricas, y ser una referencia para el diseño, como el florero-candelero cuyas secciones, al cambiar la posición, determinan un objeto de forma diferente (fig. 97).

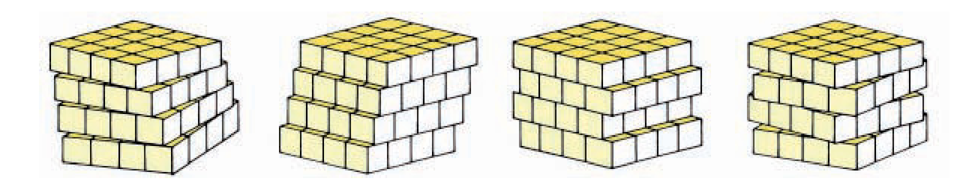


Fig. 96. Cuatro módulos producidos mediante corte y desplazamiento partiendo de un cubo.

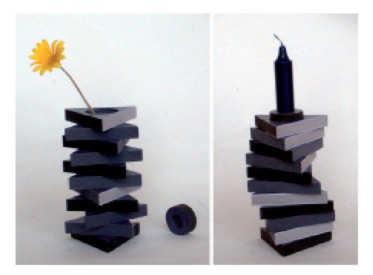


Fig. 97. Aplicación del procedimiento del corte y desplazamiento en un prisma rectangular. Diseño de Laura Muñoz (2003).

Formas tridimensionales derivadas por sustracción

Cuando al cubo se le elimina parte de su masa se pueden conseguir formas infinitas, desde los módulos transformados hasta módulos que permiten la combinación entre sí para conformar redes espaciales. Gracias a una malla triangular, que actúa como pauta para el dibujo isométrico, se puede estudiar la manera de determinar módulos derivados por sustracción, cuyo interés radica en que cada módulo se puede acoplar a otros iguales compactando el espacio. En la figura 98 se muestra un módulo de Slothouber y Graantsma en distintas posiciones.

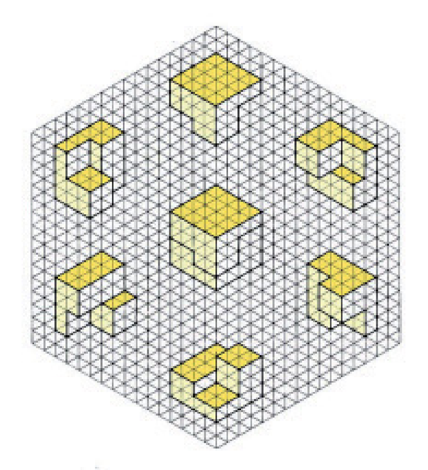


Fig. 98. Representación de un módulo de Slothouber y Graantsma, en varias posiciones, sobre una malla triangular.

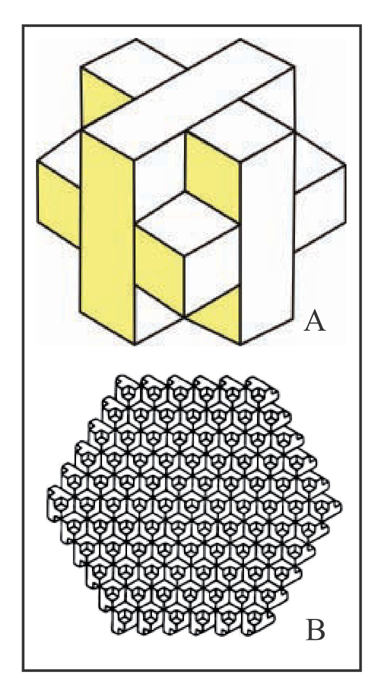


Fig. 99. Otro módulo de Slothouber y Graantsma (A) que muestra las posibilidades de encajar entre sí compactando el espacio (B).

En otro de los módulos creados por estos diseñadores (fig. 99-A) se puede ver cómo encajan entre sí numerosos módulos iguales (fig. 99-B).

La formación de módulos por sustracción es relativa, pues si el módulo puede estar formado por otros más básicos podría considerarse su construcción aditiva. En todo caso, su utilidad es innegable, tanto para el desarrollo de numerosos productos de diseño industrial como del ámbito de la arquitectura y, por supuesto, en otros ámbitos de carácter lúdico y de entretenimiento, como este rompecabezas tridimensional de madera (fig. 100).



Fig. 100. Este rompecabezas es una aplicación del desarrollo de módulos por sustracción.

Formas tridimensionales derivadas por adición

Los módulos también pueden generarse por adición y, a su vez, pueden configurar otro tipo de módulos más complejos (fig. 101). En estas imágenes podemos observar distintas posiciones de un módulo prismático formado por dos cubos unidos, que, combinándose con otros iguales, constituyen nuevos módulos basados en el cubo como unidad mínima. Hasta aquí, lo que se ha mostrado sólo es una indicación de las numerosas posibilidades de creación de nuevos módulos espaciales, pues la experimentación y la inquietud por transformar las formas ayudan a comprender mejor el sentido teórico de este tema.

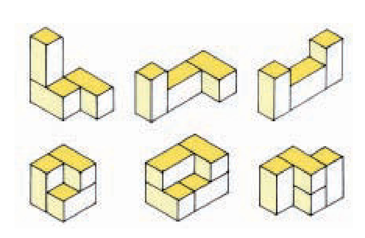


Fig. 101. Un módulo puede unirse a otros y configurar nuevos módulos por adición, tal como se ve en esta ilustación.

F) *MODULACIÓN, SERIACIÓN, REPETICIÓN*

La realización de composiciones modulares tridimensionales tiene repercusión en el proceso de diseño de ciertos objetos, como estanterías, mobiliario modular y ciertos artefactos que así lo precisan. Sin embargo, es en la arquitectura, en forma de revestimientos o, sobre todo, de estructuras, en donde la modulación y su relación con las redes espaciales tienen una mayor relevancia, especialmente en la realización de cúpulas y estructuras geodésicas, que toman como punto de partida las mallas espaciales (fig. 102). No en vano, ya desde tiempos remotos, el ser humano buscó la presencia de módulos espaciales en sus construcciones megalíticas, sin saber nada respecto a las teorías del diseño actual y sin que los constructores hubieran definido su sistema de organización espacial como composición modular (fig. 103).

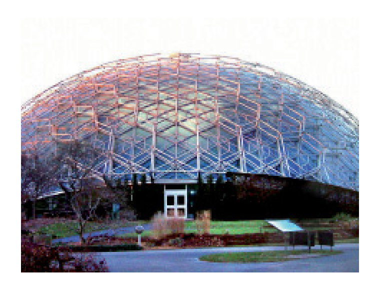


Fig. 102. Mackey y Murphy proyectaron el *Climatron* (1960), un ejemplo de aplicación de las redes modulares en la arquitectura.

En la mayoría de ocasiones, la modulación va asociada a la repetición de los módulos y a su posibilidad de realizar la seriación de los mismos. Esto es, que para diseñar un determinado objeto aplicando el uso de módulos, éstos se pueden repetir con o sin variaciones de tamaño, forma o posición.

Para construir un modelo o un prototipo con estas premisas se requiere, al menos, que los módulos repetidos (lineales, planos o volumétricos) se desplacen en el espacio, organizando una forma tridimensional más compleja. De este modo, se pueden generar infinidad de combinaciones:

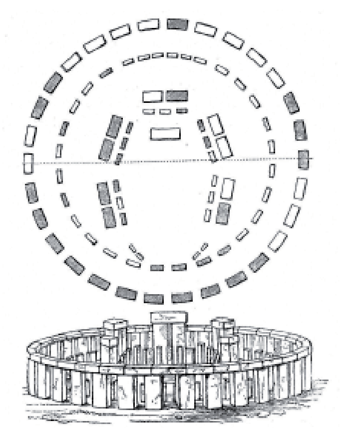


Fig. 103. Los constructores de *Stonehenge* en Gran Bretaña (2500-2000 a. C.) estructuraron un espacio a base de módulos megalíticos en circunferencias concéntricas.

series de módulos que sólo se desplazan en una dirección (fig. 104), series de módulos que se desplazan variando su posición en el espacio (fig. 105), módulos que varían en proporciones y tamaño distribuyéndose en una sola dirección (fig.106), módulos seriados que cambian de forma, tamaño y color (fig. 107), módulos que se alternan con otros módulos (fig. 108), módulos de distinto tamaño que se pueden cambiar de posición y de ubicación según las necesidades del usuario (fig. 109) y un sinfín de posibilidades expresivas que se pueden experimentar para conseguir nuevas propuestas de diseño.

Fig. 104. Taburete realizado con planchas de EVA, repitiendo el mismo patrón, sin variar el tamaño o la forma. Diseño de Inés Forcada (2005).



Fig. 105. Un módulo en forma de marco de madera se repite en el espacio, configurando un asiento mediante el cambio de posición. Diseño de Joseph Keenan.



Fig. 106. La maqueta de esta lámpara utiliza la variación del módulo en tamaño y proporción. Diseño de Sergio Andreu (2003).



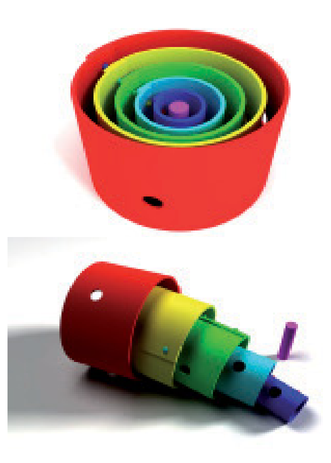
Fig. 107. Maqueta de asiento con respaldo donde el módulo circular cambia de dimensiones y forma en su desplazamiento vertical. Diseño de Lourdes Gómez (2009).



Fig. 108. Este perchero combina dos módulos relacionados e invariables. Diseño de Cristina Rovira (2003).

1.2.2. Morfología volumétrica y diseño

Si todo diseño pasa por una fase ineludible de representación bidimensional, no es menos importante la que se desenvuelve con la realización tridimensional. El diseñador debe saber aplicar técnicas de modelado, talla y construcción para transformar en volúmenes las ideas del objeto que pretende diseñar. Pero también necesita conocer el léxico de las formas espaciales para poder expresarse en la tercera dimensión. El lenguaje de las estructuras y de los volúmenes requiere entender los elementos de organización plástica y las infinitas combinaciones que surgen de esta interrelación. Los planos reales en superficies planas o superficies curvas, los planos virtuales (al unir tres o más varillas tendemos a crear la ilusión de un plano limitado por éstas), y las líneas (varillas) constituyen los elementos esenciales a partir de los cuales se genera todo tipo de formas y espacios: espacio interior y exterior, for-



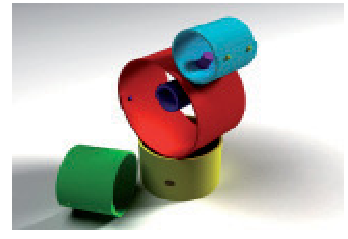


Fig. 109. *Onillo* es un juguete de construcción y participación, de módulos simples con variación de tamaño y color. Diseño de Andrés Navarro (2007).

mas abiertas o cerradas, formas cóncavas y convexas, y toda una extensa gramática de la expresión tridimensional.

En lo que podríamos entender como morfología volumétrica aplicada a los objetos, determinamos tres grandes conceptos a partir de los cuales las variantes formales son infinitas: las formas geométricas, las formas orgánicas y las formas mixtas.

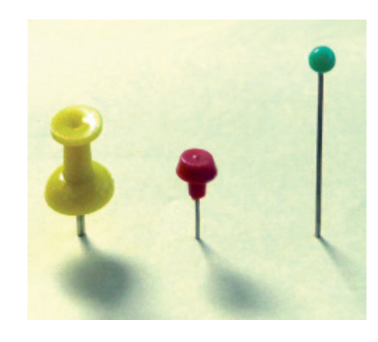


Fig. 110. En estos tres tipos de chincheta, las cabezas expresan una geometría volumétrica muy simple.

A) *FORMAS y ESTRUCTURAS GEOMÉTRICAS*

Todos entendemos lo que significa geometría en términos generales, pues estamos acostumbrados a ver cotidianamente numerosos objetos que representan este grupo: folios, balones, platos, chinchetas (fig. 110), etc. Todos estos productos poseen una estructura muy geométrica y evidente. También la naturaleza nos proporciona infinitos ejemplos, algunos más visibles que otros, de la geometría que rige su crecimiento o su estructura. Si nos fijamos, los organismos vivos están sometidos a las leyes de la geometría, mostrando formas muy sencillas, en forma esférica (fig. 111) o formas más complejas, como la espiral, presente en seres de muy distinta naturaleza (figs. 112 y 113). Precisamente, las formas de la naturaleza inspiran con frecuencia a los diseñadores para desarrollar sus ideas, algunas veces jugando con la forma (fig. 114), otras con la estructura y otras con su manera de funcionar, tema que veremos más adelante.

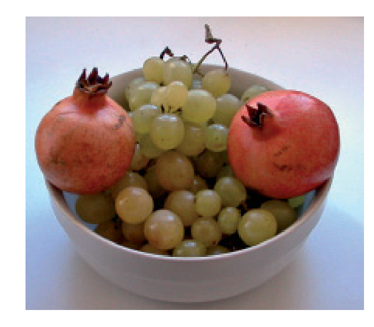


Fig. 111. La naturaleza muestra numerosas formas geométricas en forma esférica.

A 

 B

Fig. 114. Poul Henningsen se inspiró en la forma de la alcachofa para diseñar esta lámpara (A), pero su referente visual también podría haber sido una piña u otro elemento de la naturaleza, pues se repiten muchas soluciones similares (B).



Fig. 112. Concha espiral de un fósil molusco.

En cuanto a los objetos artificiales, a la hora de establecer si la forma de un diseño tridimensional es o no una forma geométrica, o una articulación de elementos geométricos, nos hallamos ante la posibilidad de apreciar diferentes grados de «potencia geométrica». Una esfera, un cubo o un cono, por ejemplo, son volúmenes muy puros en cuanto a la geometría, tal vez por ser más simples, y por eso son más potentes desde el punto de vista geométrico. En efecto, el asiento-revistero cúbico (fig. 115) genera un impacto visual directo y su geometría se reconoce de un solo golpe de vista. Somos capaces de describir su forma



Fig. 113. Los tentáculos de un pulpo no sólo muestran la espiral al encogerse, sino que, además, las ventosas representan, conceptualmente, pequeños cilindros.

con facilidad, al igual que el taburete cilíndrico con un hueco también cilíndrico que lo atraviesa (fig. 116) y la mesita-contenedor construida con dos cilindros, uno dentro de otro (fig. 117).



Fig. 117. Mesilla auxiliar con depósito contenedor. La estructura geométrica está constituida por un cilindro dentro de otro, que está abierto, para dar una mayor sensación de ligereza y romper la monotonía del cilindro. Diseño de María Dolores Ballester (2007).

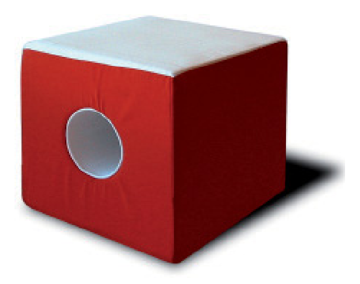


Fig. 115. Asiento-revistero acolchado. Diseño de Rebeca Mas (2003).



Fig. 116. Taburete de plástico con hueco para revistas o pequeños objetos. Diseño de Xusa Puerto (2004).

Luego, surgen otras figuras geométricas, como los poliedros regulares (icosaedro, octoedro, etc.) que son visualmente muy potentes, pero, en cambio, no alcanzan el grado de interés como las anteriores, porque un sólido con tantas aristas y vértices comienza a sentirse muy complejo. Los poliedros irregulares, y otras figuras menos reconocibles, estructurados según un orden geométrico, pierden la calidad de interpretarse plásticamente como volúmenes geométricos al tener una mayor complejidad visual. Al observar el caballo de Troya realizado con tablas de madera ensambladas formando un gran poliedro de incontables aristas (fig. 118) entendemos que su forma reconocible es la de un caballo, pero no tenemos la sensación de estar delante de un poliedro y, menos aún, un objeto geométrico. Es decir, cuanto más complejo es un volumen, menos puro y menos potencia geométrica tiene. Ahora bien, esto no significa que cuando se conectan o articulan entre sí varios volúmenes geométricos puros, que configuran una forma más compleja, se obtenga una sensación equivalente. Nada más lejos. Justamente, la apreciación de la pureza geométrica se debe a las características de los sólidos más simples, y su interrelación con otros elementos similares le proporciona la misma potencia geométrica de la que hemos hablado con anterioridad.



Fig. 118. Caballo de Troya realizado con madera. Museo arqueológico de Estambul.

En todo caso, para que esto sea más efectivo, conviene que los volúmenes geométricos estén dispuestos de manera que no se intersecten unos con otros, sino que estén unidos mediante otros elementos geométricos (varillas o planos de geometría simple, como el cuadrado, el rectángulo, el triángulo o el círculo), dejando «respirar» y manteniendo el protagonismo de los elementos volumétricos. Se trata de organizar los elementos básicos entre sí para hacer una composición tridimensional. Así vemos que, tal como se ilustra en estas páginas, las posibilidades de expresión mediante estos elementos es infinita: desde lo más sencillo, como dos conceptos de iluminación con el cilindro como elemento principal

(figs. 119 y 120) hasta lámparas de pie con expresiones visuales más articuladas y muy diferentes entre sí (figs. 121 y 122). Ambos diseños, no obstante, cumplen con el propósito de combinar planos, elementos lineales y volúmenes con la geometría más simple: cilindro, prisma, semiesfera, disco circular, plano rectangular, aro, varilla cilíndrica...





(119) (120) (121) (122)

Fig. 119. Un cilindro sustentado sobre un disco con tres varillas cilíndricas se convierte en lámpara. Diseño de Raquel Jover (2003).

Fig. 120. Un plano circular atravesado por un cilindro da forma a un candelero. Diseño de Gerard Bernat (2003).

Fig. 121. Modelo a escala real de una lámpara de pie con elementos geométricos puros. Diseño de Estefanía Fernández (2003).

Fig. 122. Composición geométrica de volúmenes, planos y líneas, configurando un modelo de lámpara. Diseño de Ana Albalat (2003).

En este ámbito del diseño de volumetría geométrica, cada intérprete es libre de concebir ideas, y los métodos de inspiración empleados son variados: construcción mediante un sistema modular de repetición seriada (fig. 123), aplicación de un método sustractivo sobre una figura geométrica (fig. 124), juego de volúmenes geométricos que se adaptan entre sí (figs. 125 y 126) o de planos que se combinan entre sí (fig. 127), composición de planos y varillas que conectan y liberan del peso visual a los objetos (figs. 128 y 129).

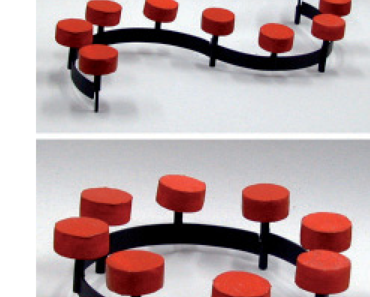


Fig. 123. Composición modular con volúmenes y elementos geométricos. Maqueta de asiento colectivos. Diseño de Rodrigo Carpio (2003).



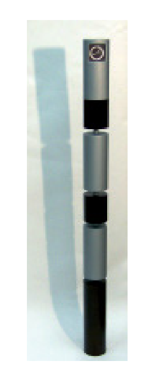
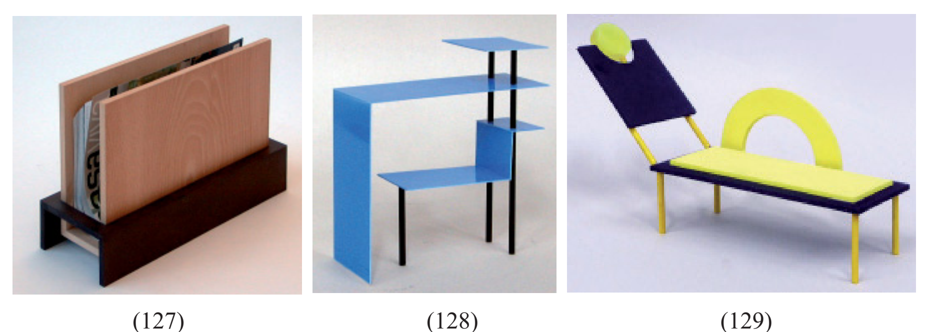


Fig. 124. Florero prismático con huecos prismáticos. Diseño de María Jover (2003).

Fig. 125. Lámpara portátil de volúmenes geométricos. Diseño de Alejandro Buj (2008).

Fig. 126. Reloj de pie construido con cilindros de altura y color diferentes. Diseño de Laura Gavara (2003).



(127) (128) (129)

Fig. 127. Revistero formado con planos rectangulares a modo de prismas abiertos interpenetrados. Diseño de Lorena Navarro (2003).

Fig. 128. Maqueta de mueble estantería realizada con planos rectangulares y varillas cilíndricas. Diseño de Óscar Forés (2003).

Fig. 129. Maqueta de banco-diván con articulación de elementos geométricos variados. Diseño de Uxía Martínez (2008).

B) *FORMAS ORGÁNICAS: SUPERFICIES Y VOLÚMENES*



Fig. 130. El vaso sobre un plato representa la geometría simple de un cilindro y diseño circular que forma una arista en la unión entre ambos.

Las formas orgánicas deben su nombre a la asociación con los organismos vivos y a sus formas generales, ya que es más común encontrar formas volumétricas redondeadas que aristas y vértices en los seres vivos. Por esto, desde el punto de vista de expresión visual, las formas orgánicas representan lo contrario de las formas geométricas, si bien hay que recordar que las primeras son consecuencia de las segundas. En el fondo, siempre está presente la geometría, aunque por fuera no lo parezca.



Fig. 131. La tela elástica sobre el vaso y el plato transforma las aristas de unión en una superficie continua, de tipo orgánico.

Una explicación sencilla para entender el origen de las superficies que suavizan la geometría y se convierten en superficies orgánicas, topológicas o membranas, como también se suelen nombrar, es mediante un tejido flexible que une dos formas geométricas diferentes generando una superficie mínima entre ellas. Si tomamos un vaso tubular y lo colocamos sobre un plato, captamos su geometría pura de cilindro-disco (fig. 130), pero al cubrirlos con una membrana ligeramente tensada, observamos que los volúmenes geométricos se transforman en un único volumen de superficie orgánica, en donde la rígida transición entre los dos cuerpos geométricos se ha convertido en una piel continua que integra el conjunto (fig. 131). Estas superficies quedan, también, representadas cuando se unen dos formas geométricas separadas entre sí , como este elemento en un parque: una red metálica tensada entre dos anillos no produce una imagen de cilindro, sino una figura de aspecto hiperbólico (fig. 132).

Una de las paradojas de la relación entre las formas geométricas y las formas orgánicas es descubrir que la esfera es la figura básica que cumple los dos planteamientos a la vez, pues su superficie se puede considerar de las dos maneras. Otras, como la forma tórica (fig. 133), también son volúmenes con superficies geométricas y orgánicas contemporáneamente, y su combinación puede dar lugar a figuras más complejas como el conocido «Michelín» que, en cierto modo, resulta ser una figura orgánica (fig. 134).



Fig. 132. Superficie orgánica en el Parc del Centre del Poblenou (Barcelona).



Fig. 133. La forma tórica es una figura geométrica, pero su imagen también puede considerarse como un volumen orgánico.



Fig. 134. El volumen del célebre «Michelín» está configurado con numerosas formas tóricas de distinto tamaño, que adquiere un sentido volumétrico orgánico.

Se podría argumentar, también, que existe un mayor o menor grado de expresión orgánica para definir morfológicamente algunos objetos. Así, entre estos dos modelos volumétricos de radiodespertador (figs. 135 y 136), las sensaciones visuales nos hacen considerar que el volumen de uno es más orgánico que el otro, por la mayor pureza de las superficies curvas. De esta manera, el objeto sin aristas nos ofrece una imagen más potente en este sentido, tal vez por recordarnos a un ser vivo. No obstante, la referencia visual a un organismo natural no implica necesariamente que el objeto diseñado sea una forma orgánica, como, por ejemplo, este colgador infantil con cabeza de cocodrilo (fig. 137). Más que forma orgánica es una forma mimética sintetizada o caricaturizada, cuyos volúmenes estan a medio camino entre las superficies orgánicas y las formas geométricas. En cambio, objetos de clara influencia biomórfica, como este cortacápsulas de botellas de vino (fig. 138), han llegado a tal síntesis que nos hacen olvidar el referente para alcanzar una identidad propia sin parecerse a nada en concreto.



Fig. 135. Modelo volumétrico de radiodespertador con volúmenes interrumpidos por secciones planas. Diseño de Roberto Cortés (2003).



Fig. 136. Modelo volumétrico de radiodespertador con volúmenes orgánicos. Diseño de José Escrig (2003).

Siguiendo con el concepto de mayor o menor potencia en la morfología orgánica, es interesante comprender que en la generación de estos volúmenes se pueden aplicar distintas técnicas de creación plástica: el modelado, la talla o la construcción. En cada caso la manera de ver surgir las formas estará condicionada a la técnica empleada, desde el aspecto más «blando» del modelado hasta el más «duro» de la construcción. Realizar un modelo físico con arcilla o plastilina proporciona la libertad de añadir o quitar material en cualquier momento, pero la técnica de tallar un bloque suele ser el mejor medio para expresar la singularidad de las superficies que dan cuerpo a los objetos diseñados con este planteamiento, tal como explicaremos más adelante. Muestra de esto último son los modelos de asientos realizados con espuma de poliuretano o de poliestireno (figs. 139, 140 y 141). La forma final ha sido resuelta, conceptualmente, a partir de un bloque.



Fig. 137. Este colgador infantil, pese a su apariencia, es un diseño de volúmenes poco orgánicos, pues la imagen de referencia es demasiado potente. Diseño de Julio Dumont (2002).



Fig. 139. Modelo a escala real de un taburete. Diseño de María Ferrando (2005).



Fig. 140. Modelo a escala real de un asiento. Diseño de Ginés Paredes (2005).



Fig. 141. Prototipo de un taburete. Diseño de Raúl Cano (2006).



Fig. 138. Los volúmenes de este cortacápsulas de botellas de vino evocan formas de la naturaleza, y evitan el mimetismo o la interpretación demasiado fiel respecto a un referente biológico.

Los volúmenes orgánicos pueden ser muy simples y aumentar en complejidad cuando se estiran o crecen en todas sus dimensiones. En principio no existen límites para alcanzar formas insospechadas, pero un exceso nos puede conducir a desarrollar objetos extremadamente recargados y con poca claridad visual (fig. 142). Este diseño de taburete posee tantos elementos volumétricos, que resulta difícil de apreciar de un vistazo y, aunque no carece de cierto atractivo, se aproxima más a la creación escultórica que al diseño industrial. Un objeto así puede ser llamativo, pero también confuso e inestable. Con esto no se pretende decir que estas creaciones no tengan un lugar en el mundo de los objetos de uso, pues en determinadas situaciones, según la propuesta de diseño, un juguete, por ejemplo, se puede idear con formas de cierta complejidad, como este balancín-mesa, que sirve de juguete o de mesa infantil según la posición del mismo (fig. 143).




Fig. 142. Modelo de estudio de un taburete biomórfico. Diseño de Ginés Paredes (2005).




Fig. 143. Modelo de balancín. El balancín, puesto al revés, se transforma en mesa o lugar de juegos. Diseño de Cristina Bellés (2007).

Por último, y para introducir el concepto de formas mixtas, también es posible recurrir a un sistema de construcción basado en planos acotados para desarrollar formas orgánicas. El sillón y reposapiés de la imagen (fig. 144) se ha fabricado con planchas de EVA recortadas, manteniendo una relación de cambio progresivo de forma y tamaño. Después de encolarlas entre sí, el volumen resultante es de carácter orgánico. Desde el punto de vista visual, es el equivalente a la imagen que tenemos de la proyección de una trama de líneas paralelas sobre un objeto de formas orgánicas, aunque de manera inversa, ya que el objeto se ha realizado como un volumen completo y no con planos sucesivos (fig. 145).



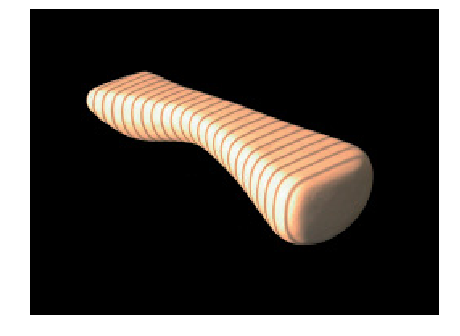


Fig. 144. Prototipo de sillón y reposapiés realizado mediante sistema de planos acotados con láminas de EVA. Diseño de José Rizo (2007).

Fig. 145. La proyección de líneas paralelas sobre un objeto produce la sensación de estar formando planos acotados. Diseño de José Ignacio Abril (2000).

C) *FORMAS MIXTAS*

Un paso más hacia lo que podríamos considerar formas mixtas, o sea, que no se consideran completamente geométricas ni tampoco orgánicas, es lo que se conoce como extrusión. En este caso, la denominación no es estricta y los objetos realizados mediante este concepto se confeccionan con planchas recortadas de la misma forma y tamaño, encolándose más tarde, o se recortan directamente de un bloque, manteniendo este efecto visual. A pesar del aire de formas orgánicas, tanto la mesa con hueco revistero (fig. 146) como el diván de cartón (fig. 147), son diseños muy geométricos. La diferencia respecto a lo que se planteaba



Fig. 146. Mesa auxiliar con bandeja, construida con perfiles de planchas de EVA. Diseño de Reyes Pardo (2006).

en páginas anteriores respecto al diseño geométrico más puro radica en que estos objetos parten de un perfil de curvas que suaviza la geometría del conjunto, pero, para entendernos, es el equivalente estructural de un cilindro; este último es un perfil de círculo que se extrusiona configurando el volumen cilíndrico.



Fig. 147. Diván realizado con planchas de cartón encoladas entre sí. Diseño de Cristina Solsona (2006).

Los objetos basados en este concepto pueden ser muy variados, en función de los distintos perfiles que se puedan imaginar, si bien pueden ser todavía más variados si se emplean distintas profundidades de extrusión y se combinan perfiles diferentes, como este soporte para servilletas de bar, que muestra una imagen más blanda de la geometría (fig. 148), sensación que también se puede conseguir redondeando los cantos del perfil extrusionado, como en este taburete-revistero (fig. 149). Un ejemplo de la combinación de ambos métodos, al combinarlos entre sí, da lugar a objetos que, a veces, pueden confundir respecto a la definición de formas orgánicas. El camello de la imagen (fig. 150) está realizado con planchas recortadas de perfiles distintos, y los cantos muy redondeados disimulan su geometría, pero no se trata de un volumen orgánico, sino mixto.



Fig. 148. Servilletero para bar diseñado con diferentes perfiles y profundidades de extrusión. Diseño de Carlos Guerra (1995).



Fig. 149. Taburete-revistero con cantos redondeados. Diseño de Anna Gil (2006).

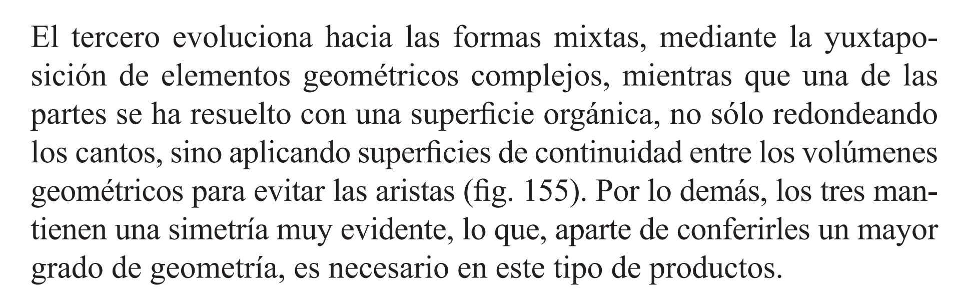


Fig. 150. Camello realizado con planchas gruesas de espuma de poliestireno.

Hemos visto que la extrusión permite desarrollar ideas de diseños con formas mixtas. También la reinterpretación de objetos concebidos como geométricos es un procedimiento interesante: un pequeño revistero, anguloso y de planos rectangulares (fig. 151), ha sido rediseñado, cambiando el planteamiento, mediante un plano rectangular curvado (fig. 152). Si nos fijamos, la expresión formal de este segundo diseño,

aun manteniendo las ventanitas cuadradas y sabiendo que es un plano rectangular simplemente curvado, provoca la liberación de la rigidez geométrica, al menos desde el punto de vista visual.

Puesto que las posibilidades de aplicar diferentes recursos plásticos en estos casos son infinitas, terminaremos con un sencillo ejemplo, en el que vemos cómo un enchufe triple puede estar diseñado a partir de conceptos variados, sin perder su funcionalidad ni su atractivo como diseño. El primero está configurado con gran pureza de formas geométricas (fig. 153): dos cilindros huecos que se cortan perpendicularmente y se unen con otros dos mediante planos rectangulares, además de los cilindros de menor diámetro que se introducen en los grandes. El segundo está diseñado con el concepto de geometría más compleja y menos pura, como un poliedro de planos y aristas, además de los dos cilindros que lo atraviesan (fig. 154).



El tercero evoluciona hacia las formas mixtas, mediante la yuxtaposición de elementos geométricos complejos, mientras que una de las partes se ha resuelto con una superficie orgánica, no sólo redondeando los cantos, sino aplicando superficies de continuidad entre los volúmenes geométricos para evitar las aristas (fig. 155). Por lo demás, los tres mantienen una simetría muy evidente, lo que, aparte de conferirles un mayor grado de geometría, es necesario en este tipo de productos.

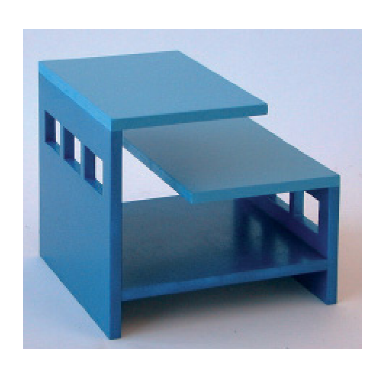


Fig. 151. Mesilla-revistero realizada con planos de concepción puramente geométrica. Diseño de Águeda Granell (2004).

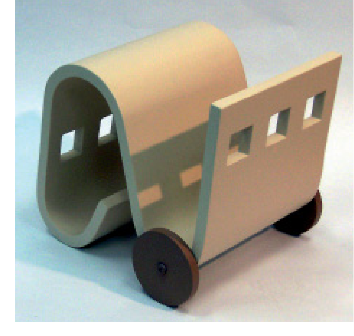


Fig. 152. Revistero con ruedas, de carácter intermedio entre lo geométrico y lo orgánico. Diseño de Águeda Granell (2004).



Fig. 153. Enchufe triple puramente geométrico.



Fig. 154. Enchufe triple de forma poliédrica.



Fig. 155. Enchufe de formas mixtas.

1.2.3. Conceptos básicos en el diseño de productos

En el ámbito del diseño industrial es necesario conocer los conceptos más básicos respecto a los objetos de uso, así como la relación entre funcionalidad y forma en el diseño de objetos. También es importante saber qué son y para qué sirven los requerimientos de diseño, es decir, los condicionantes necesarios que se deben conocer antes de proyectar, además de otros elementos de estudio, como la ergonomía y la biónica, pero, sobre todo, la metodología que se utiliza en el diseño industrial; es decir, el proceso de diseño de un producto desde que se plantea hasta que se fabrica. Tener nociones generales de los principales procesos asociados a esta actividad, sus fases y sus métodos es una necesidad para adquirir la formación más elemental y una visión más amplia del mundo del diseño.

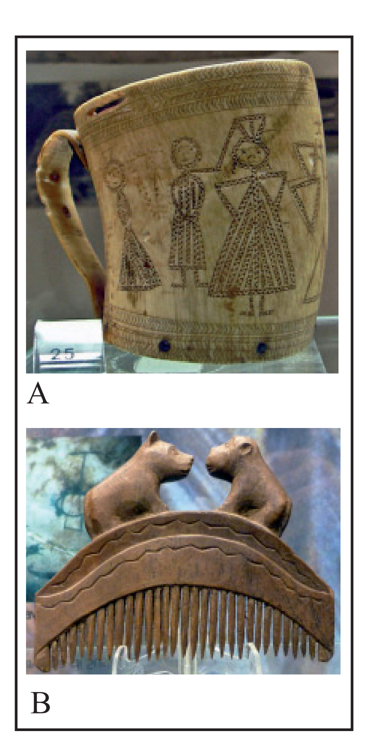


Fig. 156. En las culturas distanciadas en el tiempo y en el espacio los seres humanos han experimentado siempre la necesidad de elaborar objetos y utensilios revestidos de sentido estético, bien mediante decoraciones superficiales (A) o bien con elementos formales (B). Aún hoy, seguimos aplicando en cada objeto de nuestro mundo cotidiano un marcado carácter estético, por muy funcional que sea. A: vaso de cuerno decorado (Museo etnológico de Teruel), B: peine de la cultura Pälawan de Filipinas (Museo antropológico de Nápoles).

A) *DEL OBJETO ÚTIL AL OBJETO INDUSTRIAL*

Según algunos autores, el diseño como idea de proyecto para resolver un problema ha existido desde que el ser humano realizó sus primeros objetos útiles, fueran éstos herramientas, armas, contenedores, etc. El objeto útil siempre ha estado presente en la historia de la humanidad y con ella ha sufrido la evolución y cambio en sus formas; formas que, en sus aspectos esenciales, se han modificado prioritariamente por razones de funcionalidad. Esta visión, aunque correcta en lo que concierne a la manipulación de un material (hueso, arcilla, piedra, madera, metal...), para su transformación en objeto de uso, resulta excesivamente genérica y, por consiguiente, no se puede aplicar al concepto más restringido de diseño industrial (fig. 156).

Al hablar de objeto útil o industrial en este caso, damos por supuesto toda obra elaborada por un individuo o grupo humano con fines prácticos. Normalmente se consideran cuatro categorías de objetos en el diseño, en su sentido más amplio, aunque en esta ocasión nos referiremos tan sólo a las dos primeras categorías.

- *Objetos personales*: aquellos que mantienen un contacto directo con el usuario (zapatos, gafas, etc.).
- *Objetos individuales*: aquellos que pueden ser utilizados por cualquier persona (mueble, lámpara, etc.).
- *Objetos supraindividuales*: aquellos que no están relacionados directamente con la persona pero son fácilmente accesibles (edificios, entorno urbano, etc.).
- *Objetos ornamentales*: aquellos que tienen una finalidad decorativa y que su función es de orden simbólico o emocional (figurilla decorativa, jarrón, etc.).

El calificativo «industrial», que toma sentido a partir de la revolución homónima en el siglo XVIII, en contraste con el término «artesanal», determina el surgimiento de una nueva tipología de objetos que deriva, no obstante, de la tradición operativa del artesanado. Tenemos, pues, dos conceptos similares pero completamente diferenciados: el objeto útil artesanal y el objeto útil industrial. Los dos se presentan como unidades funcionales y como tales piden algún tipo de relación o vinculación con el usuario. A pesar de los puntos comunes (especificaciones, manejo, etc.), el rasgo distintivo entre ambos queda reflejado en un proceso de fabricación diverso. En este sentido, la fabricación de un objeto de diseño industrial implica:

- Haber sido proyectado con antelación al proceso
- Una producción con medios industriales y mecánicos que impiden posibles modificaciones una vez iniciado el proceso
- Una mayor producción en menos tiempo y más económica
- La repetibilidad o iteración del objeto, es decir, la identificación con el prototipo o cabeza de serie
- La seriabilidad o estandarización del objeto a partir del prototipo (fig. 157)
- La presencia, en mayor o menor grado, de un sentido estético-formal (fig. 158)



Fig. 157. La posibilidad de fabricar una gran serie del mismo producto, como estas pinzas para la ropa, es uno de los factores más importantes del diseño industrial.

En estas condiciones no se puede considerar la analogía entre diseño artesanal y diseño industrial, ya que el objeto artesanal, a pesar de la repetición, nunca alcanza la absoluta identidad respecto a las otras copias, incluso cuando en una parte del proceso pueda intervenir parcialmente la máquina. Quizá por estas semejanzas, en más de una ocasión, se ha planteado la errónea asimilación de conceptos entre las llamadas artes aplicadas y artes industriales con el diseño industrial, sin pensar que el problema real no consiste en adaptar la producción mecánica a las normas estéticas de la artesanía sino en concebir nuevas normas estéticas para los nuevos métodos de producción. Sería tan paradójico como entender que un ornamento producido mediante procesos industriales fuera un objeto de diseño industrial. En todo caso, se trataría de un objeto reproducido industrialmente.



Fig. 158. ¿Por qué un objeto que posee una función única puede ser de tantas formas? Incluso una simple pinza puede estar sujeta a un proceso de cambios formales por cuestiones estéticas o de moda.

B) *FORMA Y FUNCIÓN*

En los objetos de uso, la forma y la función van unidas inevitablemente. Todo objeto útil debe tener una forma que permita el buen manejo o el uso más apropiado para el que se ha creado. A lo largo de la vida de los objetos, la mayoría se transforman para perfeccionar su función, pero algunos apenas cambian, como la rueda o el martillo, cuya forma, se podría decir, es su función (figs. 159 y 160). Por otro lado, se pueden descubrir nuevas alternativas a los objetos casi invariables desde que se



Fig. 159. La forma de la rueda no ha variado desde sus orígenes.

Fig. 160. A pesar de la evolución de las herramientas, el martillo se ha mantenido prácticamente invariable.

concibieron; en este juego conceptual (fig. 161) el botijo de la imagen derecha surge de la mezcla entre la tradición y la innovación: del clásico y funcional botijo de cerámica y de la actual botella de plástico para el agua mineral.

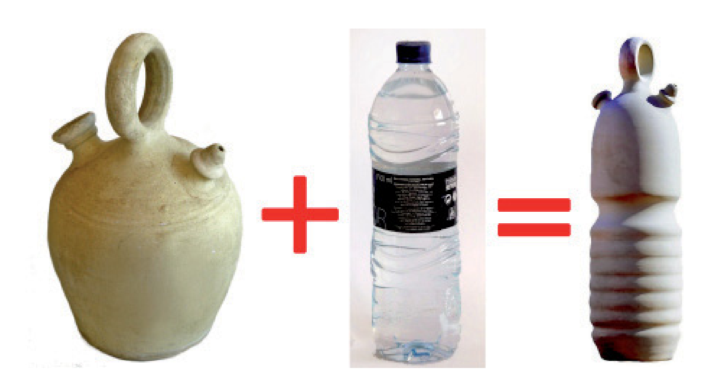


Fig. 161. El botijo La siesta, diseñado por Alberto Martín, Héctor Serrano y Raky Martín (derecha) es un producto de la integración de dos conceptos: tradición e innovación.

Desde el principio de la era industrial ha habido distintas interpretaciones sobre las relaciones entre la forma y la función. Lo que para unos era importante en el diseño industrial, para otros era, precisamente, lo de menos. El debate se ha ido prolongando hasta nuestros días y todavía se pueden encontrar más opiniones al respecto. Actualmente, el diseño es considerado como una actividad que tiene en cuenta distintos factores que garantizan que el producto diseñado responda a diferentes criterios y exigencias en función de sus dimensiones pragmáticas, semánticas y sintácticas. En el caso de que un objeto fuera diseñado sin tener en cuenta una de estas dimensiones o hubiera un gran desequilibrio entre éstas, la solución del proyecto no respondería correctamente a un buen planteamiento de diseño. Desde este punto de vista, se han esquematizado tres tendencias históricas, que representan tres maneras de entender las relaciones entre la forma y la función en el diseño de productos: el estilismo, el formalismo y el funcionalismo.

Estilismo

Cuando la dimensión semántica del objeto supera a las otras dimensiones se produce lo que se denomina estilismo o *styling*. En este caso, el diseñador utiliza el valor simbólico de los productos como valor dominante, proporcionándoles una fuerte carga simbólica y afectiva. La idea de diseño se ve así reducida a cosmética del producto, en la búsqueda de la seducción por las apariencias externas, por la mera estética visual de formas libres, sin mejorar la calidad integral del objeto diseñado. En general, esta tendencia, que surgió en Estados Unidos en los años treinta, pretendía acentuar las características de lujo, velocidad, modernidad o nivel social del producto fabricado. En la figura 162 podemos ver un claro ejemplo, en donde este «sofá-cadillac» representa la continuidad de un valor simbólico sobre un objeto que nada tiene que ver con el vehículo, pero que atrae a determinado



Fig. 162. Este sofá-cadillac es un ejemplo de estilismo: promueve el exceso de las formas por encima del uso real del objeto, confiriendo un valor simbólico muy fuerte.

público. Hoy en día, el *tunning,* o las transformaciones decorativas en ciertos vehículos sin fundamento utilitario, es, en cierto modo, el heredero de la tendencia estilista.

Formalismo

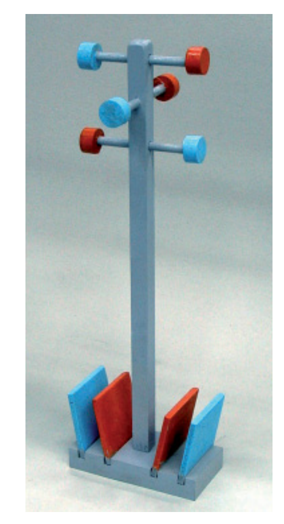


Fig. 163. Maqueta de perchero de formas puramente geométricas. Diseño de Marta Serrano (2003).

Esta tendencia se origina cuando la dimensión sintáctica del objeto supera las dimensiones semántica y pragmática. En el formalismo, que tuvo una gran trascendencia en la década de los ochenta con el grupo *Memphis*, el ordenamiento formal de los elementos y la sumisión a leyes geométricas para definir un espacio son la base del proceso de diseño. En la mayoría de los casos, la preocupación prioritaria en su concepción es el juego formal intencionado, el placer visual de la forma geométrica, apoyándose en la creencia de que los valores estéticos así programados aportan calidad al producto (figs. 163 y 164).

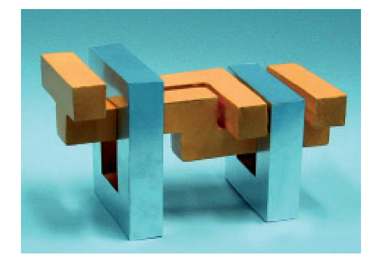


Fig. 164. Este diseño de banco juega con un principio formalista, el empleo de leyes geométricas como medio para proporcionar valor estético a un objeto útil. Diseño de José Antono Gil (2005).

Funcionalismo

Se produce cuando la dimensión pragmática predomina sobre las demás dimensiones. El funcionalismo se sustenta sobre la célebre frase de L. Sullivan «la forma sigue a la función», aunque este concepto tenía anteriormente otras formulaciones en la historia de la filosofía. Según esta doctrina, un objeto no debe pretender otra cosa que cumplir con su función, sin tener en cuenta nada más, pues la estética, en forma simbólica o sintáctica, en este caso, era una cuestión superflua. Esta limitación, puesta en práctica durante varias décadas, redujo la producción de objetos fríos, exentos de una comunión emotiva con el usuario. Pero, posteriormente, la rigidez del principio funcionalista se diluyó para adaptarse a una estrategia de diseño que se parece más a los planteamientos actuales (fig 165).

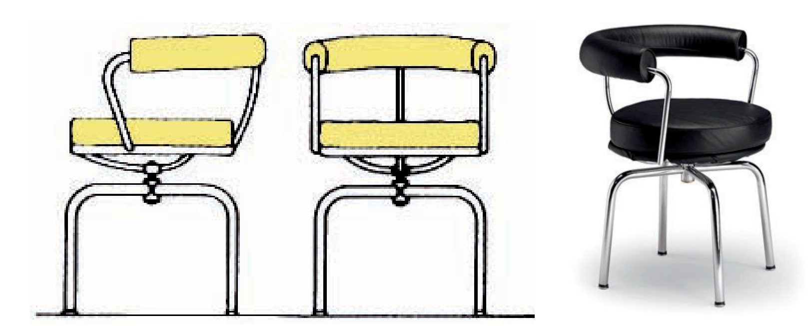


Fig. 165. El funcionalismo, en un término medio, representa mayor equilibrio entre forma y función, sin dar más valor a la estética que a la utilidad del producto. Uno de los principales diseñadores de esta tendencia fue Le Corbousier, que creó objetos como el asiento *LC7* en 1929.

En la actualidad, las virtudes del funcionalismo están en la base del análisis de los productos. Las funciones de uso y la toma en consideración de las necesidades por parte del usuario son prioritarias. El diseño industrial procura mantener el equilibrio entre las funciones de

uso y los imperativos técnicos y económicos. La forma de un producto debe provenir del análisis de todas sus funciones, y, cuando se habla de funciones, conviene considerar, en todos los casos, las funciones de uso, pero también las funciones sociales y culturales. En nuestros días, el diseñador debe seguir un proceso de síntesis basado en el triple orden sintáctico, semántico y pragmático, para evitar la pérdida de alguna de las funciones esenciales del producto como lenguaje de comunicación.

C) *REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO DE PRODUCTOS*

Si el problema del diseño surge de la necesidad, determinar el problema habría de ser el primer paso para alcanzar alguna solución aceptable y coherente entre las varias posibilidades. Las modalidades de acción para la solución de cualquier problema siguen dos premisas elementales: por una parte, determinar la sucesión de acciones y contenido de las mismas, esto es, cuándo y qué hay que hacer en cada momento; por otro lado, definir los procedimientos específicos que hay que utilizar en cada circunstancia.

En relación con lo anterior se encuentran los requerimientos de diseño o rasgos pertinentes que debe cumplir un producto. Se trata de variables que deben cumplir ciertas exigencias en función de distintos condicionantes restrictivos impuestos por normas de orden técnico, social o legal. Por lo general, los criterios que por su contenido son empleados para estructurar los requerimientos de un proyecto de diseño pueden ser:

- *Requerimientos de uso*: son aquellos que se refieren a la interacción directa entre el producto y el usuario (practicidad o funcionalidad, ergonomía, mantenimiento, seguridad, transporte, etc.).
- *Requerimientos de función*: son aquellos que se refieren a los principios de funcionamiento del producto (mecanismos, fiabilidad, versatilidad, resistencia y acabado).
- *Requerimientos estructurales*: son los que se refieren a los componentes, partes y elementos que constituyen el producto (número y tipo de componentes, uniones y sistemas de ensamblaje, estabilidad y estructura funcional, carcasa protectora).
- *Requerimientos técnico-productivos*: son los referidos a los medios y los métodos de manufactura (maquinaria y dispositivos tecnológicos, normalización, tolerancias, estandarización, materias primas, etc.).
- *Requerimientos mercantiles*: son aquellos que se refieren a la distribución del producto en el mercado y la captación del cliente (presentación exterior, publicidad, precio, etc.).

Además de estos requerimientos, un diseño debería ser identificable o «legible» como objeto en relación a su utilidad. Al observar la imagen

de la figura 166-A, nos hallamos ante un objeto interesante por su forma y su estructura, aunque en principio no parece estar clara su utilidad, pues se parece más a un cenicero de pie o a una posible lámpara antes que a un soporte de publicaciones y prensa, de no ser porque se nos muestra como revistero (fig. 166-B). Es original y, aparentemente, cumple bien su función; pero la ambigüedad hace que resulte complicado entender cómo se deben colocar las revistas en su lugar. El intento de originalidad, basado en el cambio del método más común y sencillo de apilar o apoyar las revistas en contenedores tradicionales, puede lograr un impacto visual y una cierta atracción inicial, pero puede ofrecer cierto desconcierto en el continuo uso cotidiano.



Fig. 166. Este original revistero creado por Francisco Gómez Paz (2006) cumple bien su función, pero si no se viera la imagen que muestra su utilidad (B), resultaría complicado entender cómo se deben colocar las revistas en su lugar. El cambio radical de una forma, en relación a su función, puede difuminar su identificación como objeto.

La óptima adecuación de los criterios en la relación entre el producto y el usuario, que dependerá del trabajo en equipo desarrollado por diseñadores, ingenieros, economistas y otros especialistas, influirá en la repercusión del objeto diseñado en la sociedad, tanto más favorable cuanto mejor se adapte al momento y lugar (fig. 167). Percibimos, pues, un sistema de trabajo proyectivo en constante evolución que combina criterios metodológicos, creatividad e intuición en armonía con los cambios tecnológicos, para dar una respuesta lo más satisfactoria posible a las necesidades planteadas o, simplemente, creadas por el hombre mismo.

D) *ERGONOMÍA: DEFINICIÓN Y FINALIDAD*

La ergonomía es una ciencia de amplio espectro, pues se refiere, en términos generales, a distintas cuestiones relacionadas con el diseño de objetos, pero también como parte de la arquitectura, del entorno en el que se mueve el hombre y de todo lo que pueda ser utilizado por él en cualquiera de sus actividades. En definitiva, la ergonomía se plantea como la interrelación entre el usuario y el entorno.

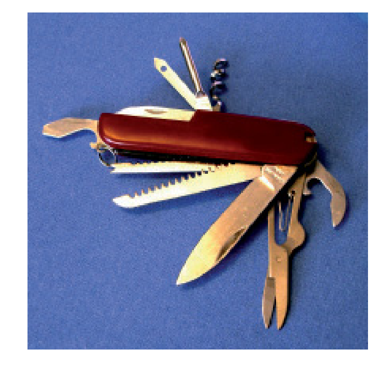


Fig. 167. En 1891, Karl Elsener, inició el desarrollo de uno de los diseños más célebres que mantiene su éxito gracias al equilibrio de los requisitos de diseño para un objeto de esta clase.

Se podría considerar que la preocupación por la relación hombre-máquina o de un acercamiento a la ergonomía se dio mucho tiempo atrás, cuando existía el interés por desarrollar artilugios ortopédicos, como los descritos por A. Paré en el siglo XVI (fig. 168). Estos dibujos muestran la posibilidad de construir elementos articulados, para mejorar la calidad de vida de algunas personas carentes de brazos o de manos, algo que aún hoy se persigue.

Una de las definiciones más extendidas de la ergonomía dice así:

> La ergonomía es una tecnología pluridisciplinar que reúne y organiza conocimientos de muy diversas procedencias, para aplicarlos a la concepción, el diseño y la corrección de los medios, procedimientos y lugares de trabajo, con el objetivo de optimizar la eficacia del sistema, así como la comodidad, seguridad y satisfacción de las personas incluidas en el mismo.

Ésta sería una definición inicial, cuando, en un principio, la ergonomía estaba orientada al estudio de las relaciones «hombre-máquina», para la mejora de los puestos de trabajo en la industria. Pero esta actividad ha ido ampliando su campo de aplicación hasta abarcar el conjunto de objetos y herramientas manejadas por el ser humano en cualquier actividad, pasando por la organización de todas sus actividades, laborales o no, hasta lo que se denomina diseño ambiental.

Aun cuando la ergonomía es una ciencia moderna, se puede entender que, desde la elaboración de los primeros artefactos y la relación entre el ser humano con su entorno, los individuos han ido aprendiendo a mejorar sus herramientas y su hábitat con una cierta intuición y aprendizaje a partir de los errores. Este comportamiento, trasladado a nuestros días, ha promovido la evolución de dos tipos de intervención ergonómica en cualquier ámbito del diseño:

- *Intervención de concepción o preventiva*: la que se realiza mientras se desarrolla el proyecto de diseño.
- *Intervención de corrección o ajuste*: cuando se debe solucionar algún aspecto tras la realización de las pruebas de evaluación del proyecto realizado.

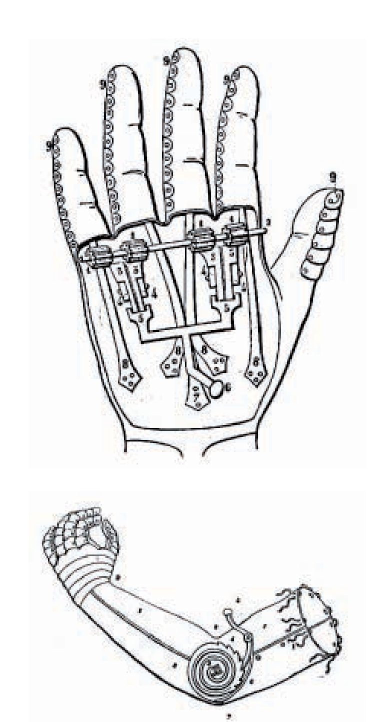


Fig. 168. Artilugios ortopédicos descritos por A. Paré en el siglo XVI. Estos dibujos podrían considerarse ancestros de los estudios ergonómicos.

E) *FUNCIONES, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN*

Hoy, al diseñar un producto, los diseñadores no sólo diseñan un producto, sino también la actividad del usuario y su relación con dicho producto. Sin embargo, también se da el caso de que muchas veces los planteamientos de los diseñadores no se corresponden con los modelos de los usuarios (modelos mentales, modelos de uso, modelos de referencia), con lo cual puede disminuir la operatividad del producto durante la proyección de su diseño. Para evitar esto, se establece una evaluación del producto respecto a la satisfacción del usuario, que, aun siendo uno de los temas ergonómicos más difundidos y desarrollados, no siempre se aplica por completo en el proceso del diseño de productos. Algunos especialistas sostienen que las evaluaciones ergonómicas deberían estar presentes durante todo el proceso de desarrollo de un producto, desde las etapas de diseño hasta las etapas de fabricación, de modo que si se precisan modificaciones en el diseño durante alguna de las etapas de fabricación, ésta podría realizarse sin perjudicar al usuario final.

El ergónomo, es decir, el especialista en alguno de los campos de la ergonomía, cumple dos funciones principales durante el proceso de diseño del producto:

- En primer lugar, colabora en la realización de todo tipo de análisis de fondo y de evaluación de alternativas previas al diseño del producto,

para asegurar que el proyecto cumpla todos los requisitos de adecuación ergonómica.
- En segundo lugar, aporta al resto de los técnicos implicados en el proceso todos los datos ergonómicos que les sean necesarios a lo largo de las diversas etapas de desarrollo del producto.

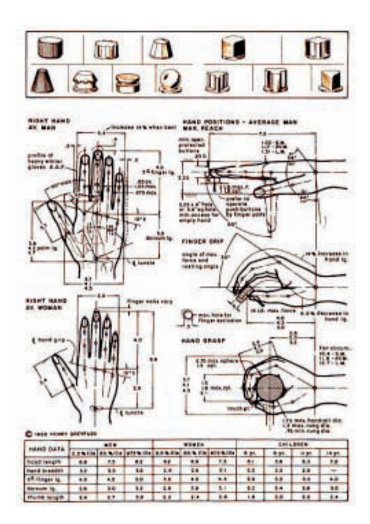


Fig. 169. Puesto que el ser humano depende en gran medida de sus manos, los estudios ergonómicos y antropométricos sobre esta tema son muy amplios y necesarios.

El objeto de la ergonomía se centra principalmente en el análisis y la evaluación del producto, pero para ello se han de tomar en consideración una serie de factores que forman parte del proceso de diseño:

- *Factores relacionados con las características del usuario*: tablas y datos antropométricos, características anatómicas, fisiológicas, biomecánicas y psicoperceptivas, etc. (figs. 169 y 170).
- *Factores relacionados con el producto*: requisitos formales (textura, color, etc.), funcionales (componentes, operatividad, etc.) y estructurales (materiales, tamaño, etc.).
- *Factores relacionados con el uso*: exigencias de consumo, de control, de rendimiento, de seguridad, etc.
- *Factores relacionados con el ambiente*: requerimientos de espacio, iluminación, temperatura, ventilación, aislamiento, etc.

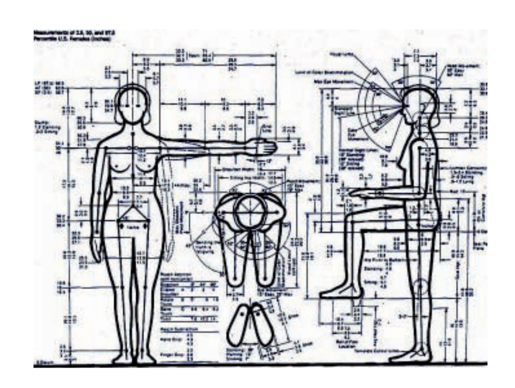


Fig. 170. En esta imagen se contemplan las medidas genéricas de una mujer como datos a tener en cuenta en el diseño industrial y de entornos (H. Dreyfuss y Asociados, 1960).

Una vez realizado el prototipo con los condicionantes ergonómicos considerados para el buen funcionamiento o uso del producto, se desarrolla una evaluación basada en pruebas específicas y simulaciones de uso. En esta fase, la intervención de la ergonomía se centra en las siguientes actividades:

- Selección de sujetos representativos del perfil del usuario previsto, para comprobar los resultados que se persiguen.
- Medición y evaluación de los resultados de estas pruebas y simulaciones (fig. 171), tanto los resultados de carácter objetivo (exigencias requeridas, errores cometidos, tiempo empleado, etc.), como los de carácter subjetivo (opiniones y actitudes del usuario hacia el producto y sus condiciones de utilización).
- Análisis de pruebas de funcionamiento y uso del prototipo en diversas situaciones ambientales, para determinar su influencia en el

usuario durante la utilización del producto, sobre el funcionamiento, en relación a su resistencia, etc. (fig. 172).



Fig. 172. Análisis de distintas maneras de coger o sujetar un determinado objeto con la mano, con el fin de verificar factores ergonómicos.

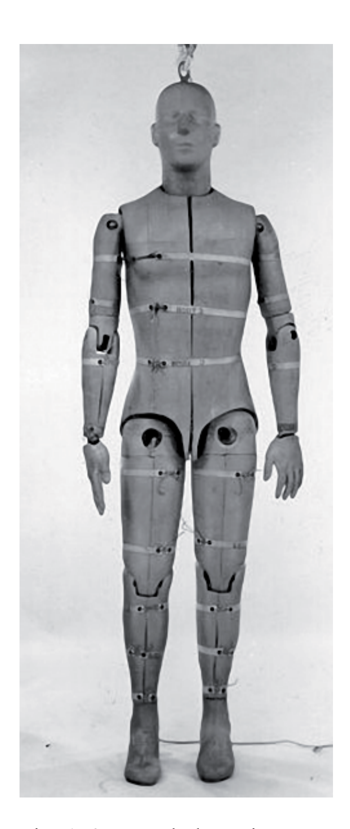


Fig. 170. Uno de los primeros maniquíes articulados para efectuar pruebas y mediciones de las respuestas en la interacción entre el individuo y el entorno o entre éste y los objetos, fue diseñado por Samuel W. Alderson para las fuerzas aéreas americanas en 1949, con el fin de probar asientos eyectores en aviones. Actualmente, este tipo de modelos de pruebas, más sofisticados, se usa en el mundo de la automoción.

Posteriormente, todas las actividades de análisis y evaluación respecto al prototipo podrán dar lugar a un diagnóstico de errores, desde el punto de vista ergonómico, a partir de causas relacionadas con la falta de adecuación entre el producto y el usuario y en función de los factores citados. En ese momento, se redefinen los parámetros ergonómicos con el fin de corregir lo que pudiera mejorar la calidad del producto.

F) *ERGONOMÍA, USUARIO Y PRODUCTO*

La ergonomía, en su relación con la actividad del usuario respecto al producto, implica diversos aspectos, pero los que veremos a continuación son los más destacados.

Seguridad del producto

Cada vez más se está tratando de inculcar un sentido también psicológico de las relaciones del usuario con lo que maneja. Es el caso de los mandos y pulsadores de muchos electrodomésticos, pues, en muchas ocasiones, la falta de comprensión en el significado de los símbolos o del modo adecuado para accionar un mando puede resultar complejo e, incluso, peligroso, si no se procede adecuadamente (fig. 173). Por consiguiente, los productos deben ofrecer garantías de seguridad al usuario en su manipulación, en sus instrucciones de uso y en la adecuada simbología empleada para evitar accidentes.

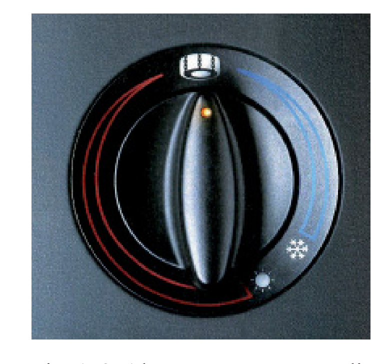


Fig. 173. Algunas veces es complicado entender algunos mandos en ciertos aparatos y esto puede ser causa de accidente por desconocimiento (por ejemplo, en una cocinilla de gas).

Comodidad y satisfacción

Los productos no sólo deben ser seguros, sino también placenteros para quien los compra y usa. La ergonomía contempla métodos y técnicas

para medir la satisfacción de uso, si bien muchas de las técnicas para evaluar esta cuestión han sido desarrolladas para la tecnología en el espacio de trabajo (ergonomía ocupacional) y, por lo tanto, no son totalmente aplicables a otros productos.

Métodos ergonómicos

Existe una variedad de métodos en ergonomía. Probablemente, los de mayor interés para el diseño de productos son aquellos relacionados con la evaluación de la utilidad y de las características de los productos en general.

Diseño de nuevos productos

La evolución de las nuevas tecnologías genera nuevos problemas. Por ejemplo, un subtítulo que se confunde con las imágenes proyectadas en la televisión, es un problema que se relaciona con los factores de color, contraste, tamaño, etc. El diseño de productos innovadores requiere del uso de técnicas de valoración y evaluación del usuario. Hay que considerar que el diseño no sólo sirve para mejorar la función de los objetos, sino también para mejorar la calidad de vida de las personas (Fig. 174).

A B 24°

Fig. 174. En la actualidad es muy importante tener en cuenta el factor humano y su diversidad. Radiografía de un estudio sobre el ángulo más apropiado para el uso de muletas y la mejora de éstas en su diseño y fabricación. A: ángulo incorrecto, B: ángulo correcto.

Análisis de la actividad del usuario

Las nuevas tendencias conceptuales argumentan que no es suficiente basarse en datos existentes sobre las características humanas, porque no reflejan del todo la actividad o comportamiento del usuario, mientras que las respuestas obtenidas de los usuarios y sus costumbres proporcionan datos más fiables.

G) *DISEÑO TRANSGENERACIONAL Y UNIVERSAL*

En general, la mayoría de cualquier población se autoclasifica dentro del rango de «usuario normal». Si en el diseño de los objetos se tuviera en cuenta que las personas cambian, y que la capacidad física normal depende del paso del tiempo y del cuidado personal, se podría extender la vida útil de los dos elementos principales en el diseño de productos: el producto y el usuario.

El diseño transgeneracional surge, así, como un método para anticiparse a la reducción de la fuerza y la destreza física mientras envejecemos.

Es una forma ecológica de pensar: así como los productos «verdes» o ecológicos consideran de antemano el ciclo total de la vida del producto, el diseño de productos debería anticipar el ciclo total de la vida del usuario. El diseño transgeneracional, pues, nos obliga a pensar en cómo serán las cosas para nosotros en el futuro. Los diseñadores industriales no diseñan las cosas para ellos mismos, las diseñan para todos en general y, por ello, deben preocuparse por crear ambientes, objetos e imágenes condescendientes con la diversidad de las capacidades humanas.

En este sentido, y aunque el diseño universal no propugna especificaciones ergonómicas, sí establece varios principios basados en el diseño de productos y ambientes para que puedan ser usados por todas las personas, con el mayor alcance posible y sin necesidad de adaptación o diseño especializado (fig. 175). Quienes desarrollaron estos principios de diseño universal colaboraron con arquitectos, diseñadores industriales, ingenieros e investigadores en diseño ambiental, para guiar a un amplio número de disciplinas del diseño, entre los que se incluye el diseño ambiental, de productos y comunicaciones. Los *Principios del Diseño Universal*, que pueden ser aplicados para evaluar diseños existentes o guiar el proceso de diseño son:

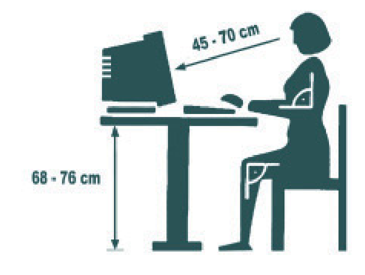


Fig. 175. Aunque la ergonomía se encarga de estudiar las distancias, los ángulos y la posición del individuo en su puesto de trabajo, el diseño universal trata de impulsar una mayor atención en el proceso de diseño para que los productos puedan ser usados por todos, independientemnte de la edad o de los condicionamientos físicos.

- *Uso equitativo*. El diseño es útil y asequible a personas con diversas capacidades: proporcionar los mismos medios de uso para todos los usuarios siempre que sea posible o equivalente cuando no sea así.
- *Flexibilidad en el uso*. El diseño debe incorporar un amplio rango de preferencias individuales y capacidades (opciones, adaptabilidad…).
- *Uso simple e intuitivo*. El uso del diseño debe ser de fácil entendimiento, sin importar la experiencia del usuario, el nivel de conocimientos, las habilidades en el lenguaje, o el nivel de concentración en el momento del uso.
- *Información perceptible*. El diseño debe comunicar la información necesaria con eficacia al usuario, sin importar las condiciones del ambiente o las capacidades sensoriales del usuario.
- *Tolerancia al error*. El diseño debe minimizar los peligros y consecuencias adversas ante acciones accidentales o no intencionadas.
- *Menor esfuerzo físico*. El diseño debe ser usado eficientemente y confortablemente con un mínimo de esfuerzo o fatiga.
- *Tamaño y espacio para el acceso y el uso.* Hay que proporcionar el tamaño y espacio apropiados para el acceso, el alcance, la manipulación y el uso sin importar el tamaño del cuerpo del usuario, la postura, o la movilidad.

Estos principios sólo sirven de orientación para el diseño universalmente usable, y se extienden al ámbito general del diseño, pero son de aplicación al diseño de producto (Principios compilados por defensores del diseño universal, listados en orden alfabético: Bettye R. Connell,

Mike Jones, Ron Mace, Jim Mueller, Abir Mullick, Elaine Ostroff, Jon Sanford, Ed Steinfeld, Molly Story y Gregg Vanderheiden).

H) *BIÓNICA: DEFINICIÓN Y FINALIDAD*

La evolución de los seres en la naturaleza ha desarrollado infinitas soluciones funcionales que se ajustan a principios básicos de supervivencia. Muchas de estas soluciones han sido comprendidas y aprovechadas por el ser humano para tratar de adaptarlas a la producción de objetos, ya desde el principio de los tiempos. Las primeras vestimentas de pieles son un reflejo de este interés, ya que nuestros antepasados más antiguos descubrieron las propiedades protectoras y térmicas de las pieles de animal; o también el uso de la piel de tiburón como abrasivo para lijar madera u otras materias. En fin, muchas ideas que surgieron de la observación de la naturaleza y que fueron utilizadas para la mejora de la calidad de vida. Este comportamiento se podría considerar como una apropiación inteligente de recursos naturales, pero cuando se estudian los principios funcionales de los sistemas vivientes para descubrir procesos, técnicas y aplicaciones para la tecnología, se habla de biónica.

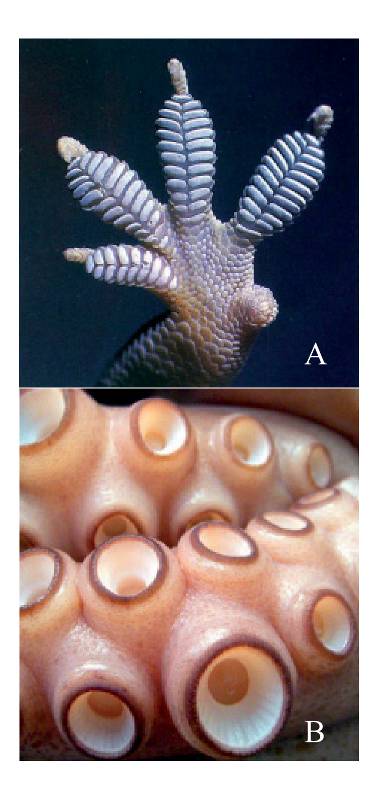


Fig. 176. Algunos seres vivos desarrollan soluciones formales diferentes para una misma función, como las patas del geco o las de un pulpo. Ambos poseen mecanismos de sujeción, pero, mientras el geco ha desarrollado unas almohadillas co microvellosidades (A), el pulpo hace uso de las ventosas (B).

El término biónica puede estar relacionado con el estudio de fenómenos biológicos, con soluciones estructurales, formales y dinámicas que utilizan algunos seres vivos en sus medios naturales. Por ejemplo, algunos seres vivos desarrollan soluciones formales diferentes para un mismo proceso, como las patas del geco o las de un pulpo (fig. 176). Tanto uno como otro tienen mecanismos para sujetarse o adherirse a algo, pero ambos se presentan de distinta manera funcional y formal: el pulpo utiliza ventosas y el geco, en cambio, unas almohadillas con una alta densidad de microvellosidades.

La intención de la biónica no sería copiar la solución o trasladarla simplemente al diseño de un objeto, sino que trata de interpretar dichos logros biológicos para trasladar los principios, aunque cambiaran la forma o la estructura. Esto también se conoce como analogía funcional: por ejemplo, el sistema funcional de los ojos de las ranas o de los cocodrilos, respecto a su analogía con los periscopios, o el sistema de «sonar» que utilizan los murciélagos para moverse en su entorno y cazar, equivalente al método de detección de profundidad en la navegación marina. Algo más sencillo es el caso del estudio de los envoltorios naturales de las frutas y verduras, aunque también de las cápsulas y burbujas de protección de huevos de distintos seres vivos para desarrollar envases de algunos productos (fig. 177).

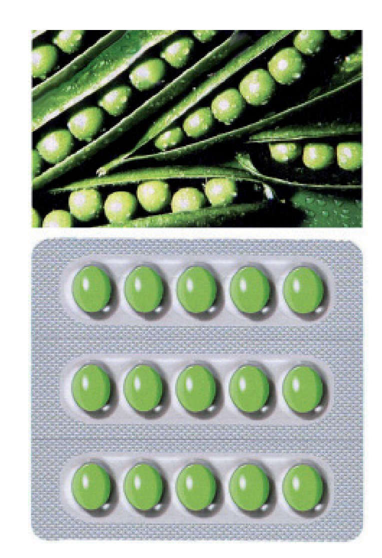


Fig. 177. Relación de soluciones equivalentes: los guisantes en sus vainas y las píldoras en sus envoltorios están protegidos de agentes externos.

Una de las analogías más cercanas es la del mecanismo de las articulaciones de nuestros brazos y su correspondiente biónico, como los brazos de un flexo o la pala mecánica o de una grúa. En la actualidad se está experimentando el desarrollo de prótesis para personas con impedimentos físicos.

I) *ANALOGÍAS FORMALES*

Alrededor del término biónica se producen, en ocasiones, numerosos equívocos y ambigüedades. Tal es el caso de considerar las analogías morfológicas como biónica. Nada más lejos de la verdad, pues estas analogías, que también se conocen como biomorfismo, representan sólo el aspecto visual de las formas naturales. Encontramos una ejemplificación de esto en las máquinas voladoras: al ser humano siempre le ha atraído la idea de volar y, desde los primeros dibujos de Leonardo da Vinci hasta los primeros aviones, la imagen de una máquina voladora estaba asociada al vuelo de los pájaros, de los insectos o de los murciélagos (fig. 178).



Fig. 178. El murciélago ha inspirado el diseño de algunos aparatos para volar en los orígenes de la aeronáutica.

En 1897, Clément Ader construyó un artefacto volador basado en la imagen del murciélago: el *Avion III*. Sin embargo, esta máquina no podía volar correctamente, tanto por su peso como por el concepto, pues se trataba de algo más biomórfico que biónico, y en su primer vuelo de prueba se estrelló. En la imagen (fig. 179) se puede ver el aparato construido en la época, tal como debería volar. La analogía con el murciélago es casi mimética, y ahí radica el error.



Fig. 179. El artefacto volador de Clement Ader, basado en la forma del murciélago, se construyó en 1897, pero no llegó a volar.

En el lado contrario, la compañía Sicorsky, líder en la fabricación de helicópteros, diseñó un prototipo tomando el vuelo de la libélula como modelo de desplazamiento en el aire (fig. 180), pero no como modelo en su mecánica de vuelo, pues sería imposible que un objeto de grandes dimensiones y peso pudiera funcionar mediante un aleteo similar, ya que el principio funcional es completamente distinto.

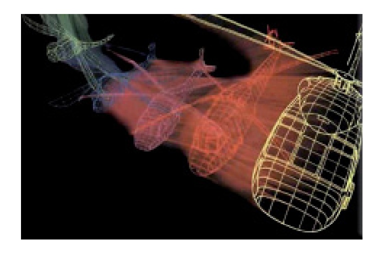


Fig. 180. Imágenes de la idea del prototipo de helicóptero pensado por la compañía Sircosky a partir del estudio del vuelo de las libélulas.

El biomorfismo se suele emplear como referencia formal para el diseño exterior de objetos, aunque también tiene ciertos paralelismos con la biónica cuando se diseñan determinados vehículos y se toman en cuenta las formas de seres aerodinámicos. Sin embargo, salvo alguna excepción, el diseño biomórfico se representa como la estilización formal del aspecto de algunos seres vivos (animales, plantas, insectos, etc.) para aportar un aspecto funcional concreto en productos de diseño industrial. Ahora bien, si la adaptación ergonómica en ciertos productos ha dado lugar a objetos de gran interés formal, muchos de ellos no siempre han tenido gran aceptación en los mercados (fig. 181).



Fig. 181. El estudio biomórfico de una cámara fotográfica realizado por Luigi Colani para Canon, a pesar de su innegable interés visual, no tuvo demasiada trascendencia mercantil.

J) *OTRAS SIMILITUDES TIPOLÓGICAS*

También hay que tener en cuenta otro tipo de expresiones formales que no se relacionan ni directa ni indirectamente con lo dicho anteriormente: las pseudoanalogías. En estos casos, la forma de los objetos son sólo producto del mimetismo de los referentes biológicos de los que toma prestada la imagen visual y nada más, como el sacacorchos de la imagen (fig. 182). La finalidad de este planteamiento, por lo general, suele ser de carácter lúdico o decorativo.

Otra manera de entender la asociación de similitudes formales es la que muchos diseñadores han desarrollado inspirándose en otros objetos elaborados en otras culturas. En este proceso de asimilación se establece una síntesis analógica, si bien nada tiene que ver con las analogías biológicas y la biónica. Entre muchos posibles ejemplos podemos apreciar cómo un tradicional taburete africano, de confección artesanal (fig. 183), ha sido rediseñado por Eero Saarinen, con materiales y procesos de fabricación muy distintos (fig. 184).

Finalmente, nos podemos encontrar con otra categoría de objetos completamente distinta, en donde las similitudes son de carácter simbólico o semántico. El objeto se identifica directamente con su referente visual, como la lámpara-bombilla de la fotografía (fig. 185).

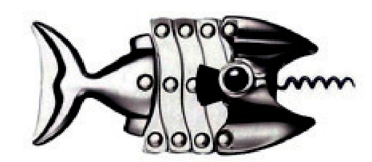




Fig. 182. Fish es un sacacorchos pseudoanalógico diseñado por H2 Product Development para Alessi (1993). Su mayor interés formal radica en su aspecto lúdico.

K) *EL PROCESO DE DISEÑO*

El proceso de diseño, como todo planteamiento sistemático que tiene un principio, un desarrollo y un final, se basa en la relación entre el diseñador y el objeto diseñado. En esta relación, cada problema de diseño requiere un esquema metodológico previo y una planificación, que podrán variar según los condicionantes establecidos o los que fueran surgiendo a medida que el proyecto se desarrolla. A pesar de que existen numerosos métodos de llevar a cabo este proceso, en todos ellos son inevitables las fases para determinar el seguimiento en la elaboración del proyecto (fig. 186). Cada una de estas fases se divide en etapas y métodos de concepción que se emplean de distinta manera según los casos. Se pueden distinguir: las fases de la gestión del proyecto, las fases del proceso de diseño y los métodos utilizables según la etapa del proceso.

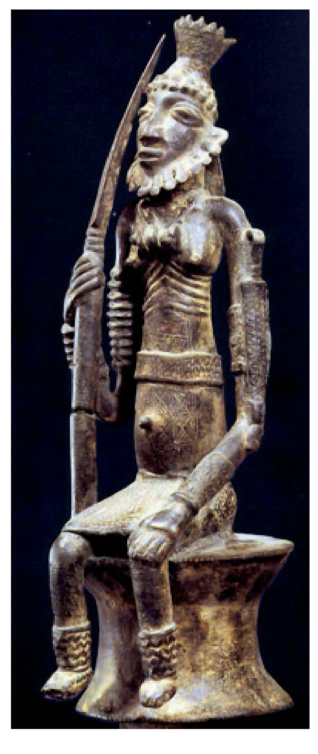


Fig. 183. Escultura africana de una figura sentada en un taburete (Museo Metropolitano de Arte, Nueva York).



Fig. 185. Esta lámpara con aspecto de gran bombilla es una redundancia visual y la analogía es una representación directa, una copia de la equivalencia conceptual bombilla = luz.



Fig. 184. Taburetes de plástico diseñados por Eero Saarinen.

Fases de la gestión del proyecto

Habitualmente, se determinan cinco fases que abarcan el periodo de concepción y el periodo de realización del producto, estructurándose en este orden:

- G1. *Estudio de factibilidad*
  Esta fase permite plantear las posibles soluciones para un problema determinado a partir del análisis que implica la viabilidad o no del proyecto.

- G2. *Estudios de definición del problema*
  En esta fase aparecen diversos conceptos que responden al problema planteado, comportando la búsqueda de soluciones y su posterior selección. Se suele elaborar una lista de funciones, exigencias y principios (pliego de condiciones) para conocer y evaluar diferentes soluciones mediante la ponderación de criterios. Con esto se espera delimitar lo que se espera del producto. Durante esta etapa es importante el trabajo en grupo y la relación entre el diseñador y los demás especialistas (ergónomo, ingeniero, economista, etc.).

- G3. *Estudios detallados*
  Tras haber definido el concepto y establecido el pliego de condiciones general, se elabora un informe completo que incluye todos los pormenores técnicos y cualquier cuestión relacionada con la funcionalidad, operatividad y comercialización del producto.

- G4. *Realización o construcción*
  Esta fase se resuelve a partir de las decisiones y propuestas de solución de las fases anteriores. En esta etapa se concreta el proyecto y desemboca en la realización de un prototipo, o varios, sobre los que se efectúan pruebas técnicas y de uso, con la consecuente evaluación de los resultados para establecer alternativas o modificaciones que mejoren el producto.

- G5. *Evaluación*
  Las pruebas a las que se someten los prototipos fabricados determinan los factores que deben revisarse: seguridad, aptitud para el uso, duración, fiabilidad, respuesta del usuario, etc. Estas pruebas consisten en mediciones físicas y químicas, pruebas mecánicas estáticas y dinámicas, análisis de toxicidad, pruebas térmicas, mediciones acústicas y otro tipo de ensayos relacionados con la actitud de los consumidores potenciales o con la estrategia de mercado.

Como acabamos de ver, la gestión de la concepción del diseño se desarrolla como un proceso ordenado en fases que se relacionan con las etapas del proceso de diseño creativo para dar solución a los problemas.



Fig. 186. Esquema del método proyectivo según Bruno Munari (del libro *¿Cómo nacen los objetos?*).

Incluso el más pequeño tornillo debe estar pensado y considerado en todas sus dimensiones formales y funcionales, desde el material, hasta la tipología de la rosca (fig. 187).



Fig. 187. En nuestro mundo hay infinidad de objetos que han sido previamente diseñados, analizados y evaluados para convertirse en productos cotidianos.

Fases del proceso de diseño

El proceso de diseño puede ser tan complejo que se hace necesaria una estructuración en distintas fases, aunque éstas no sean completamente definibles en el transcurso real del proceso, ya que se entrelazan unas con otras en cualquier momento. Se pueden considerar las siguientes fases:

- P1. *Identificación del problema*
  Es muy importante determinar el problema para buscar la solución al mismo. El equipo de identificación del problema, constituido por distintos profesionales relacionados con el diseñador, debe clasificar los objetivos que se persiguen, de acuerdo con su orden de importancia, con el ánimo de prever consecuencias inmediatas o futuras del estudio (incidencias sobre el entorno, economía y usuarios). Actualmente intervienen, esencialmente, conceptos de utilidad, de seguridad, de simplicidad, de duración, etc., pero una de las mayores preocupaciones se centra en las reacciones de los usuarios y las consecuencias de las soluciones previstas.



- P2. *Análisis del problema*
  Se trata de una fase en la que se reúnen informaciones sobre el problema, se valoran y se relacionan de manera creativa. La mayoría de las veces, las informaciones recopiladas son variables, de manera que un aspecto del problema puede estar saturado de datos y, en cambio, otro aspecto apenas queda cubierto. Esta etapa forma parte de un proceso que requiere la información de los especialistas en los temas implicados en el estudio, realizando una selección de todos los datos útiles. La información, en conjunto, debe aportar datos relevantes respecto a los usuarios potenciales, las posibilidades de fabricación y las patentes que existen en el mismo ámbito. Además, es importante reunir documentación histórica e información sociocultural sobre el tema en cuestión.

- P3. *Síntesis y soluciones del problema*
  En esta etapa, de mayor creatividad, se deben determinar las soluciones del diseño del producto. En algunos casos, el producto queda totalmente definido por los imperativos tecnológicos, pero en la mayoría de ocasiones las soluciones pueden variar de manera que haya un equilibrio entre los factores funcionales y los estéticos. En todo caso, las soluciones serán más o menos variadas en relación al número de requisitos: cuando hay un problema muy preciso, son muchos

los imperativos y pocas las soluciones, mientras que con imperativos flexibles o poco numerosos, las soluciones pueden ser más amplias.

Esta fase se caracteriza por el empleo de metodologías de diseño que pueden aportar claridad al proceso de concepción del producto, entre las que se encuentran las más habituales: los análisis semánticos diferenciales, el *brainstorming* y las listas controles. Estos métodos, que no son los únicos, ayudan al proceso creativo para cuestionar permanentemente las alternativas de diseño hasta alcanzar el grado óptimo de satisfacción.

- P4. *Convalidación y evaluación*
  La convalidación consiste en la justificación y selección de una de las soluciones alcanzadas en la fase anterior. A partir de aquí, se emprende la elaboración de un modelo inicial o de un prototipo para efectuar las evaluaciones pertinentes, basadas en las fases de gestión del proyecto citadas en el apartado anterior: factibilidad, estudios de definición del problema, estudios detallados y realización o construcción. Dicha evaluación detectará la compatibilidad de las especificaciones, las exigencias ergonómicas, la calidad del producto, su resistencia, etc.

Tal como estamos viendo, el diseño industrial es una actividad que requiere un equipo pluridisciplinar, y el proceso de diseño está sometido a distintas fases de desarrollo del proyecto y de una metodología apropiada en relación a la evolución de dicho proceso. Para que un diseño llegue a su etapa final, el equipo deberá alcanzar acuerdos y cada uno tendrá que aportar sus consideraciones en función de sus especialidades (fig. 188).

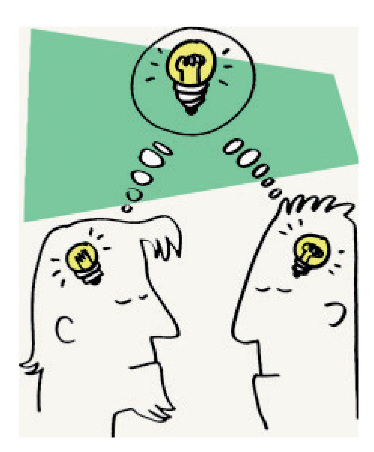


Fig. 188. El trabajo del diseñador industrial es una actividad en equipo que requiere sintonía y acuerdos entre todos los componentes.

Métodos, en función de las etapas

Hay diferentes métodos y sistemas para desarrollar cada una de las etapas del proceso conceptual. Algunos se refieren a análisis de las necesidades o de las situaciones, otros son útiles para la generación de ideas creativas y otros sirven para ayudar a las tomas de decisión. Ciertos métodos pueden derivar de otros, mientras que algunos otros se complementan. Unos se emplean en una fase y otros, en cambio, pueden utilizarse en varias o, incluso, en todas las fases.

Los métodos más frecuentes o que proporcionan mayor seguridad en su aplicación son:

- M1. *Los diferenciales semánticos*
  En este método se trata de evaluar estadísticamente las impresiones subjetivas que se sienten ante un objeto o ante una imagen, es decir,

buscar los elementos comunes que resultan importantes o atractivos para un determinado grupo humano. Este método comporta tres fases esenciales:

– Elaboración de una lista de calificativos (ítem) agrupados por parejas, que constituyen una rejilla de encuesta relacionada con uno o varios objetos.
– Encuesta a distintos individuos (cuantos más, más fiable será el resultado), utilizando rejillas con ítems para valorar, por ejemplo, claro u oscuro, viejo o joven, alegre o triste, etc., y así hasta 1.000 ítems, de los que el responsable decidirá cuántos se tendrán en cuenta para la encuesta.
– Evaluación de datos a través de un programa que calcula la ponderación, con lo que, una vez revisados e interpretados, las encuestas servirán para establecer la polaridad de las respuestas y así distinguir lo positivo de lo negativo y otros muchos elementos de comparación que facilitarán las necesidades e informarán de los inconvenientes para subsanar cualquier problema con antelación.

- M2. *Brainstorming (búsqueda de ideas)*
  Se emplea esta palabra inglesa para expresar el método de desarrollar ideas de forma imaginativa en un grupo que debe dar ideas sin parar, por muy absurdas que parezcan, y en un mínimo de tiempo. El grupo debe estar constituido por personas no sólo capaces en su ámbito de diseño, sino que también deben participar voluntariamente y con un gran espíritu de encontrar soluciones a los problemas. Este método se suele emplear frecuentemente en empresas y gabinetes de concepción, y requiere un animador que coordine las sesiones. No se critican las ideas propuestas y la libertad de expresión debe ser fundamental. Cada idea puede dar lugar a otra y, aunque muchas ideas sean contradictorias, lo que interesa es que surjan cuestiones que ayuden a configurar el producto, solucionando de antemano cualquier pormenor.

- M3. *Listas de control*
  Estas listas se emplean con frecuencia durante todo el proceso de concepción para acotar mejor el problema. Sirven como recordatorios, pueden favorecer el hallazgo de nuevas soluciones y son útiles en la fase de verificación.

  Estas listas conllevan una serie de preguntas relacionadas con:

– Expectativas respecto al problema que se plantea (verificación de la demanda, entorno del problema, etc.).
– Aspectos que afectan al producto (fiabilidad, duración, normativas, etc.).

– Cuestiones que afectan al usuario (antropometría, seguridad de uso, manejabilidad, etc.).
– Aspectos que afectan a los límites técnicos y económicos (margen de tiempo/coste, métodos de fabricación, análisis de valor, etc.).
– La elección de materiales (resistencia, dureza, aspecto visual, etc.).
– Cuestiones que comprometen la convalidación y las pruebas (ventajas e inconvenientes, valoración de la elección de soluciones, etc.).
– La política de imagen de la empresa (la estrategia de imagen frente al consumidor en calidad, credibilidad, etc.).

En realidad, las listas pueden ser variadas y con numerosas preguntas que se determinan en función del proyecto, pero, generalmente, siguen la evolución de los estilos de vida, de la tecnología, de la industria y de la economía.

L) *MODELOS, MAQUETAS Y PROTOTIPOS*

En todo proyecto de diseño industrial hay siempre una parte del proceso destinada a la elaboración de material gráfico a partir de bocetos, perspectivas y planos, algunos de los cuales se elaboran a mano, mientras que otros, como algunas presentaciones tridimensionales o los planos específicos de taller, se realizan con la ayuda de programas informáticos de alto rendimiento. Además, en muchas ocasiones, las primeras ideas van acompañadas de maquetas o de modelos sencillos que ayuden a entender lo que se pretende. Durante el proceso de diseño, en determinados casos, se realizan también nuevos modelos experimentales aplicando mejoras respecto a las primeras ideas tridimensionales, y, al final, la construcción de un prototipo definitorio resulta un elemento importante para la verificación de pruebas de todo tipo (físicas, químicas, térmicas y de apreciación por el usuario potencial).

Modelos y maquetas

No suele haber mucho acuerdo sobre la diferencia entre lo que es un modelo y lo que es una maqueta, porque son casi lo mismo, pero una diferencia fundamental es el tamaño: la maqueta siempre se realiza a escala reducida y, en cambio, un modelo puede ser de escala reducida, igual o superior a la real. Además, para las representaciones arquitectónicas, se suele emplear con más frecuencia el término maqueta. No obstante, ambas expresiones tridimensionales cumplen la misma función de representar una simulación formal, volumétrica o funcional de lo que será el objeto o la arquitectura definitiva. Se pueden distinguir varios tipos de maqueta o modelo: los modelos de volumen, los modelos estructurales,

los modelos funcionales, los modelos de presentación y los modelos ergonómicos. Podría decirse que también existen los modelos virtuales como resultado del uso de las nuevas tecnologías en la visión del objeto tridimensional. Sin embargo, y aunque estos modelos 3D pueden mostrar los otros tipos de modelos descritos anteriormente, no tienen relación con el sentido táctil y espacial, razón por la cual no los incluiremos en este apartado.

- *Modelos de volumen*
  Los modelos volumétricos representan los caracteres formales generales de un concepto de diseño, es decir, el volumen que tiene y no sus detalles. En general, el acabado de este tipo de modelos suele ser blanco o de colores neutros, para percibir mejor la calidad de la forma sin distorsiones. Se recomienda la escala natural, si el tamaño del objeto lo permite (fig. 189), pero puede utilizarse una escala de ampliación, cuando el objeto es muy pequeño, o de reducción, cuando es muy grande (por ejemplo, el modelo volumétrico de un tren).

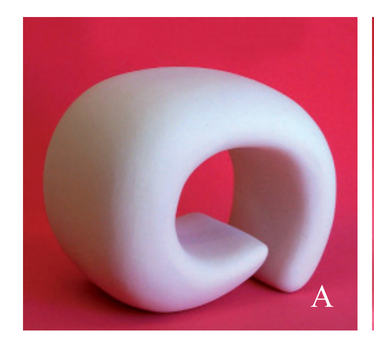






Fig. 189. Los modelos de volumen a escala real de estos taburetes son muy diferentes entre sí, pero todos cumplen el planteamiento de diseño de asiento de formas orgánicas, que sea fácilmente transportable y que esté fabricado de plástico. Diseños de Santiago Isidro Diego (A), Raúl Cano (B) y Miriam Arandes (C) en 2006.

- *Modelos estructurales*
  Éstos sirven para representar productos de cierta complejidad con componentes y elementos que necesitan ser vistos por dentro y por fuera a la vez. Así, para apreciar la relación entre las partes y su estructura, se presentan seccionados o con algunas partes realizadas con materiales transparentes para poder percibir el conjunto claramente. La escala de estos modelos depende del problema que se plantee y de la solución que se proponga.

- *Modelos funcionales*
  Representan el funcionamiento de un producto o de uno de sus subsistemas, para verificar las posibilidades de articulación o movimiento de alguno de los componentes (fig. 190). Como en los modelos estructurales, la escala depende de la problemática.

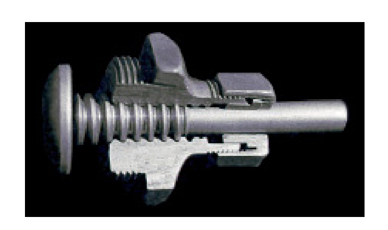


Fig. 190. Los modelos funcionales, en ciertos casos, se presentan con un corte a un cuarto para mostrar mejor su funcionamiento.

- *Modelos de presentación o iconográficos*
  Son representaciones de la apariencia visual del objeto, teniendo en cuenta los acabados superficiales (textura, color, etc.) y las piezas que lo componen (teclas, ruedas, etc.) para mostrar una imagen fiel

de cómo podría ser el objeto en la realidad. La escala de estos modelos varía según el problema planteado. A veces, estos modelos se pueden acompañar de un maniquí que simule el uso o la actividad para la que esté pensado el objeto (fig. 191).

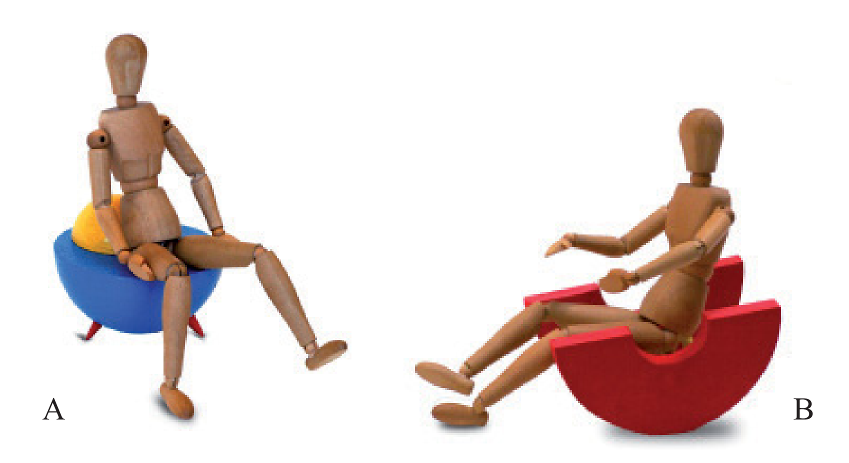


Fig. 191. Modelos iconográficos de mobiliario a escala reducida. Diseños de David Asensio (A) y de Margarita Emanuilova (B) realizados en 2006.

- *Modelos ergonómicos*
  Se trata de simuladores volumétricos y estructurales, muchas veces a escala natural, para efectuar comprobaciones de la efectividad de diversos aspectos relacionados con la ergonomía del producto diseñado. Se pueden presentar como:

  – Maniquíes bidimensionales: siluetas frontales o laterales, articuladas, que permiten realizar estudios del espacio, de movimientos, de situaciones, etc. en relación al ser humano.
  – Maniquíes tridimensionales: figuras volumétricas y articuladas que se emplean para realizar estudios en distintos simuladores (modelos simulados de productos para realizar pruebas ergonómicas). Los maniquíes ergonómicos para realizar determinadas pruebas han evolucionado mucho en las últimas décadas y, si al principio se ceñían a patrones muy limitados, en la actualidad se desarrollan maniquíes de todos los tamaños simulando niños, adultos y ancianos (fig. 192). De esta manera, cualquier prueba puede aportar datos muy relevantes.

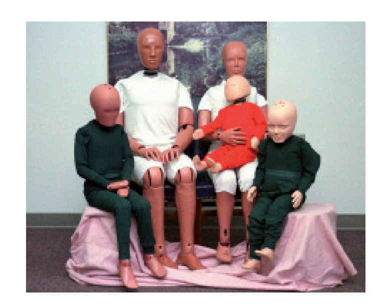


Fig. 192. Familia de maniquíes ergonómicos serie *Hybrid III* del Departamento de transporte de Estados Unidos.

Prototipos

Los prototipos constituyen el reflejo formal y funcional del objeto diseñado que se pretende fabricar. Pero la construcción de un prototipo no significa que el proceso de diseño haya concluido, pues, en muchos casos, es sólo un paso más hasta que se define por completo el producto que se fabricará finalmente.

Esta fase se puede escalonar, a grandes rasgos, en las siguientes etapas: construcción, pruebas de evaluación, modificaciones y fabricación de la preserie.

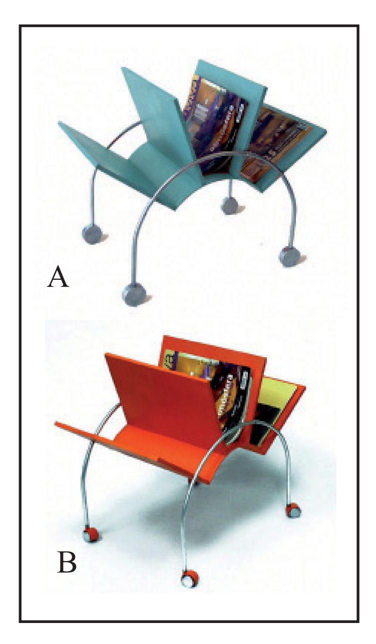


Fig. 193. La necesidad de realizar pruebas antes de construir el prototipo lleva a la necesidad de realizar modelos a escala (A), para determinar su utilidad y resistencia posterioremente en el prototipo (B). Revistero diseñado por Lorena Navarro (2005).

- *Construcción del prototipo*
  Después de haber detallado y comprobado el concepto de diseño con los dibujos y modelos correspondientes, se construye un prototipo a escala real con los materiales definitivos. Este objeto sirve para contrastar los procesos de diseño y de fabricación con el fin de someterlo a distintas pruebas y experimentos que garanticen su funcionalidad y su valor de uso (figs. 193 y 194).



Fig. 194. Imágenes del proceso seguido para realizar el prototipo de resina Silla *Saksu*. Diseño de Leire Vicent (2005).

- *Pruebas y evaluación del prototipo*
  Todos los prototipos deben probarse para garantizar su funcionamiento y perdurabilidad (fig. 195). A partir de las pruebas realizadas desde todos los puntos de vista (ergonomía, seguridad, resistencia, etc.) se identifican las observaciones necesarias.



Fig. 195. En los prototipos de mobiliario articulado hay que prestar especial atención en las pruebas, pues son susceptibles de dañarse con el uso. Prototipo de asiento-mesa auxiliar diseñao por Marcos Calvet (2006).

- *Introducción de eventuales modificaciones*
  Tras la fase de verificación, se puede establecer una serie de modificaciones pertinentes para la optimización del producto. Con la aplicación de las modificaciones se procede a realizar un nuevo prototipo mejorado. Este segundo prototipo se prueba y evalúa hasta que se constate un resultado satisfactorio en todas las cuestiones propuestas para su producción definitiva.

- *Fabricación de la preserie*
  La preserie es una producción piloto y limitada, con las materias primas y los procesos productivos determinados, lo que permite comprobar si se cumplen todos los requisitos para la fabricación en serie. Si no surge ningún inconveniente, se procede a ajustar definitivamente el producto para su producción en serie.

Tal como hemos visto hasta aquí, los modelos tridimensionales y los prototipos posibilitan la mejora y perfeccionamiento de los diseños conceptuales para que, al final de este complejo proceso, los productos se fabriquen y comercialicen.

1.2.4. Diseño y sostenibilidad

Actualmente se habla mucho de sostenibilidad y de ecología, relacionando ambos términos con el diseño y el medio ambiente. Es cierto que el deterioro del planeta, a causa de una mala gestión de las sociedades más desarrolladas, ha generado una nueva manera de pensar y de actuar. Y, aunque todavía estamos muy lejos de llegar a un equilibrio entre procesos de fabricación industrial y preservación del medio ambiente, el diseñador de nuestro tiempo considera muy seriamente todas las cuestiones que puedan reducir la contaminación, no sólo la que desprenden las fábricas, sino también la basura y el despilfarro material que supone el exceso de producción, a veces inútil, de productos con un ciclo de vida extremadamente breve (fig. 196).



Fig. 196. Consumimos numerosos productos envasados que con frecuencia, tienen una vida demasiada corta para la energía que, se consume en la fabricación y en relación al uso al que ha sido sometido.

La sostenibilidad, más que una palabra, es una actitud frente al mundo circundante. Implica que todo aquello que se diseñe, desde los pequeños objetos hasta los núcleos urbanos, debería tener la posibilidad de mantenerse con el mínimo impacto ambiental posible: menor degradación, mayor duración de los recursos, y desarrollo de fuentes de energía renovable. Por extensión, la sostenibilidad se aplica a la explotación de cualquier recurso por debajo del límite de su renovabilidad. Por ejemplo, un coche que sea difícilmente reparable, o que no tenga suficientes piezas de recambio, o que esté realizado con materiales no reciclables se convierte en un producto muy poco sostenible. En cuanto falle o se deteriore, se transformará en basura. Por este motivo, la tendencia actual

es la de diseñar y fabricar productos cuyos materiales sean reciclables o degradables, o que se puedan reparar con facilidad y bajo coste. Es lo que se conoce como ampliación del ciclo de vida de un producto, algo que el ser humano había venido haciendo de forma natural hasta la llegada de la era industrial: cuando se rompía o estropeaba algo, se arreglaba en la medida de lo posible (fig. 197).



Fig. 197. Antes de la era del consumo compulsivo, los objetos se reparaban cuando se deterioraban y por eso tenían un ciclo de vida más largo, como esta puerta de madera parchada.

A) *ECODISEÑO - DISEÑO ECOLÓGICO*

El ecodiseño no es un término verdadero en su sentido estricto. Cuando se fabrica algo, se contamina o se gasta mucha energía, o se vierten algunos productos que no llegan a ser reciclados o son irrecuperables (fig. 198). No obstante, se puede entender que el hecho de tratar de contaminar menos ya tiene una intención ecológica. Utilizar materiales que no reduzcan los recursos naturales o que provengan de productos cuyo ciclo de vida se ha agotado, diseñar considerando cualquier procedimiento para la recuperación o reutilización de los productos, o prever el reciclaje de todos los materiales utilizados en la fabricación, son algunos de los factores que pueden determinar el mayor o menor grado de carácter ecológico.



Fig. 198. El ecodiseño estaría completamente reñido con la fabricación industrial si se tomara el término en su sentido estricto, ya que cualquier proceso de fabricación es contaminante.

B) *RECICLAR, REUTILIZAR, RECUPERAR*

Hasta aquí hemos comentado cuestiones básicas sobre la sostenibilidad, el ciclo de vida de un producto o el ecodiseño, términos que se relacionan frecuentemente. Pero hay tres palabras que también se asocian a este ámbito y que conviene matizar, pues no siempre están bien definidas y a menudo se malinterpretan: reciclar, reutilizar y recuperar.
Demasiado frecuentemente, se reduce el acto de reciclar a todo lo que se realice con un objeto, sea para transformarlo, utilizarlo de nuevo o convertirlo en otro objeto distinto. Se simplifica tanto, que casi siempre las tres palabras que hemos citado parecen ser sinónimos del mismo procedimiento. Vamos a ver que esto no es así.

Reciclar

Reciclar es convertir un producto en otro nuevo mediante la transformación del material. Por ejemplo, una botella de vidrio que ya se ha vaciado, si se funde, se convierte de nuevo en vidrio con el que poder fabricar otra botella u otro producto de vidrio (fig. 199). Todos los materiales reciclables se descomponen de nuevo para producir un producto similar al original u otro completamente distinto.



Fig. 199. Cuando una botella de vino se recicla, su materia prima puede volver a transformarse en otra botella o en otro producto diferente.

En esta era de constante producción y desecho surgen propuestas más sostenibles en donde se prevé la fabricación de determinados produc-

tos cuyo ciclo de vida podría parecer que no tiene fin; es decir, que se empieza a diseñar pensando en un proceso cíclico de fabricación-reciclado con el menor impacto posible, al tiempo que se sustituyen por otros productos mucho menos contaminantes, siempre y cuando los intereses económicos lo permitan. Tal es el caso de la botella *360 Paper Water Bottle*, que se fabrica con papel reciclable y renovable, hecho fundamentalmente de bambú y hojas de palma, que se prensa sobre una delgada película de ácido poliláctico asegurando su impermeabilidad (fig. 200). Todo un ejemplo de ecodiseño reciclable.



Fig. 200. *360 Paper Water Bottle,* de Brandimage, es una botella de papel reciclable y biodegradable. La parte superior se arranca para abrirla, y luego esa misma pieza se puede utilizar como tapa, mientras que la parte que no se usa se engancha en el asa de la botella.

Reutilizar

Reutilizar significa utilizar siempre un mismo producto con el mismo fin para el que se pensó al fabricarlo. Poniendo el mismo ejemplo de la botella de vidrio, reutilizarla significaría que, una vez vaciado su contenido, no se tiraría al contenedor correspondiente para ser reciclada, sino que se limpiaría y se volvería a utilizar llenándola otra vez de líquido. El producto volvería a utilizarse de nuevo de la misma manera que en su origen. Esta acción era común en el pasado reciente, pues las botellas, frascos y otros envases no se destruían para fabricar otros. Se utilizaban de nuevo tras un proceso de limpieza en la misma industria que los volvía a llenar de contenido. El sistema cambió cuando se desarrolló el envase de «usar y tirar», si bien es un método que se emplea de manera doméstica cuando se rellena una botella de agua y ésta no se tira después del uso.

Recuperar

En el ámbito de la sostenibilidad, este término significa darle una nueva vida a un producto de desecho u obsoleto, es decir un objeto que, por una razón u otra, no se recicla o no se reutiliza, pero tampoco se tira indiscriminadamente al vertedero. Por ejemplo, con bolsas de plástico y mucha destreza hay quien sabe tejer cortinas u otros objetos (fig. 201). Aunque se habla mucho del ecodiseño en nuestro medio industrializado, la recuperación de objetos de desecho es un procedimiento muy extendido en sociedades menos favorecidas y es una lección para el mundo de consumo. Los neumáticos de la imagen (fig. 202), transformados en capazos y cestas, amplían su vida útil y minimizan el impacto ambiental, a la par que constituye un medio de vida para el artesano que los manufactura. Igualmente, un barrendero ha fabricado uno de sus utensilios recortando un bidón de plástico (fig. 203) y a un caballo le han preparado un comedero con un bidón metálico recortado (fig. 204). Tanto en estos casos, como en el de las cortinas de plástico, el producto original ya no ejerce su función inicial ni se ha reciclado, sino que tiene otra forma y otra función.





Fig. 201. Estas cortinas están realizadas con bolsas de plástico trenzadas, aplicando técnicas de confección de tejidos.

La reconversión de objetos como recuperación de su material es un acto de diseño, aunque más primario y casi siempre de carácter artesanal. Cuando alguien utiliza una botella de plástico en sustitución de la clásica bota de vino, ha transformado la forma tradicional en una nueva. En este caso, al perforar el tapón para dejar salir el vino como en la bota, se ha producido un proceso de adaptación al uso, solucionando el problema de beber vino sin vasos en el campo (fig. 205).



Fig. 202. Neumáticos transformados para servir de cestas en un mercado (Ecuador).





Fig. 204. Comedero de caballos en una granja (Colombia).



Fig. 203. Utensilios realizados por un barrendero (Turquía).

C) *«RECUPERAR» COMO MÉTODO DE DISEÑO*

Aunque parezca paradójico, el diseño no está reñido con la recuperación de materiales de desecho para aportarles una nueva existencia como objeto de uso. Si se aplica el ingenio, se pueden desarrollar numerosos proyectos, en donde el método proyectivo, unido a la sensibilidad plástica y creativa, puede resultar una manera de expresar otros conceptos de diseño industrial. Los objetos así creados suelen tener un proceso de fabricación más artesanal y su utilidad es más expositiva o como objeto singular en algunos ambientes.

En los cuatro ejemplos de objetos diseñados a partir de productos de desecho, mostramos la descontextualización de los materiales y cómo es posible realizar nuevas interpretaciones (figs. 206 a 209). En estos diseños confluyen dos principios, un método proyectivo y la capacidad de síntesis y de recreación, dejando poco margen a la casualidad.

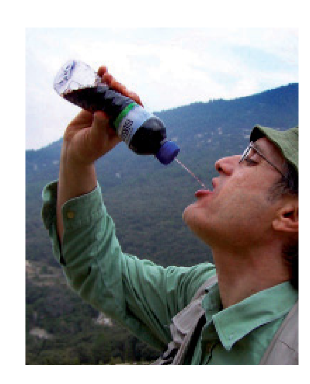


Fig. 205. Una botella de plástico recupera su utilidad, aunque con ligeros cambios, convirtiéndose en una bota de vino.





Fig. 206. Los envases de aluminio se pueden modificar para convertirlos en palmatorias. Diseño de Carlos Muñoz (2003).

Fig. 207. Un ladrillo y tres trozos de tubo forman un candelabro vistoso. Diseño de Alberto Dueso (2003).





Fig. 208. Este curioso revistero está construido con un resto de corteza de alcornoque, para fabricar tapones de corcho, y dos tubos metálicos. Diseño de Esther Miravet (2003).



Fig. 209. Con unos neumáticos y una tapa acolchada se ha realizado este asiento-contenedor. Diseño de Antonio Tárraga (2004).

1.2.5. El diseño cuestionable

Es interesante ser consciente de que no todo lo que se diseña y se fabrica bajo los principios metodológicos más adecuados termina siendo un diseño apropiado para su uso o para el usuario. Hay demasiados objetos que, a pesar de servir para la función a la que se destina, luego desaparecen en un cajón o quedan ocultos en algún almacén o trastero. Unos, porque han dejado de ser útiles por obsoletos, ya que han sido superados por otros diseños más adaptados al mundo actual, como los compases manuales (fig. 210), empleados sólo en casos concretos, o los abrelatas manuales (fig. 211), que han dado paso al denominado «abrefácil». Otros productos, en cambio, aun habiendo sido diseñados y fabricados a conciencia, tienen el problema de ser objetos muy especializados. Esto quiere decir que son verdaderamente funcionales y de gran utilidad, pero sólo en determinados oficios o lugares. Es lo que sucede con utensilios y herramientas que la gente suele comprar pensando que les va a ayudar en muchas actividades y, sin embargo, sólo se emplean en escasas ocasiones, porque es más cómodo emplear otros recursos. Un ejemplo: el separador de claras de huevo (fig. 212) tiene un diseño atractivo, es pequeño, fácil de manejar y de limpiar. Es un buen diseño. Pero hay un problema: ¿cuantas veces se realiza una acción así si no se es cocinero o repostero?

A veces se desarrollan productos muy útiles y que tienen posibilidades de ser la solución para ciertos problemas, pero que, por una extraña razón o por circunstancias de difícil explicación, no adquieren la proyección suficiente como para ser objetos cotidianos. Este es el caso de un diseño muy funcional, sencillo y de fácil manejo que sirve para llevar varias bolsas de la compra a la vez, evitando el daño en las manos al tiempo que facilita el transporte (fig. 213). Es una de las paradojas del diseño: ¿Por qué siendo bueno, es desconocido o infrautilizado?



Fig. 210. Primitivo compás con adaptador de lápiz y regulardor de radios.

Fig. 211. Abrelatas de tenaza, muy funcional, antes de la aparición del «abrefácil».



Fig. 212. Un excelente separador de claras puede resultar inútil en determinados hogares.



Fig. 213. El portabolsas Sansón es una de las paradojas del buen diseño: siendo útil es poco conocido o poco utilizado

A) *ÚTILES INÚTILES*

Si hay objetos obsoletos, objetos especializados y objetos relegados, en otro lugar encontramos los útiles inútiles. Decir esto parece una contradicción, pero existen numerosos diseños que son inútiles porque no cumplen las expectativas de su función, bien porque están mal diseñados o bien porque su diseño no aporta nada a lo ya existente. En el primer caso podemos citar una papelera prismática triangular de piedra artificial (fig. 214). Aparte de su forma poco amable, plantea un grave problema: los ángulos internos de su interior apenas pueden acumular los desechos y éstos se desbordan. Otra cuestión es la dicifultad de su vaciado, ya que hay que levantar una pieza que pesa bastante. Si se trata de una papelera, no hace bien su función y, en consecuencia, es inútil. Algo similar es el caso del banco poco o nada ergonónico de planos curvos (fig. 215). No sólo es incómodo, sino que no permite apoyar algunos objetos porque caen al suelo. El ser humano es capaz de sentarse en una piedra o sobre una baranda, pero un diseño racional no se puede permitir estos errores.



Fig. 214. Una papelera difícil de llenar, que se desborda enseguida y de complicado manejo.



Fig. 215. Banco con planos de apoyo extremadamente curvos, incómodo y carente de verdadera funcionalidad.

En este mismo grupo hay otra categoría de objetos inútiles que se caracterizan por un diseño estudiado y una fabricación cuidada, si bien no sirven para casi nada. Ilustramos esta idea con un par de ejemplos: el colgador de medias y calcetines (fig. 216) y la tapa para beber las latas de refresco (fig. 217). A pesar de poseer visualmente un diseño interesante y apariencia de gran utilidad, lo cierto es que son poco funcionales: el primero, porque su manejo es más complicado que el de una simple pinza de ropa, y el segundo porque, al no adaptarse bien a todos los botes, no se puede ajustar y cae; pero, además, si encaja, al volcar el envase para beber, se llena la cámara de aire entre la lata y la tapa de plástico, con lo cual se produce una falta de higiene.



Fig. 216. Colgadores de calcetines para su secado después de lavarlos.

Fig. 217. Tapa acoplable a los envases de refresco para beber.

B) *DISEÑOS DUDOSOS*

El diseño industrial puede cometer errores a la hora de desarrollar un producto y asi es como se fabrican muchos objetos útiles pero de dudosa necesidad. Para entenderlo mejor, analizaremos algunos diseños, comenzando por un tipo de pinzas que se emplean para cerrar las bolsas de plástico de un producto que requiere un cierre temporal (fig. 218). Si tenemos en cuenta que para esta acción casi siempre es más cómodo utilizar una pinza común (las de colgar la ropa u otras similares), si es que el contenido de la bolsa no se ha vaciado antes, los objetos de este tipo suelen carecer de una auténtica funcionalidad y terminan frecuentemente por relegarse en algún rincón del hogar.



Fig. 218. Pinzas para cerrar bolsas. Son útiles pero también prescindibles.

Otro utensilio que también parece destinado a facilitar las tareas domésticas es el cortador de tomates (fig. 219). Su aspecto profesional y las pequeñas sierras del instrumento producen la sensación de que cortar el tomate en rodajas iguales y de una sola vez va a ser tarea fácil. Al tratar de hacerlo, comprobamos que el tomate se rompe o se deshace sin poder

llegar a cortarlo hasta el final. Un simple cuchillo afilado habría resultado más eficaz, aunque hubiera que cortar una a una cada rodaja.

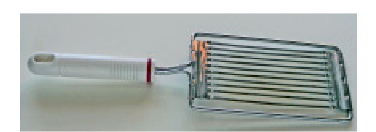


Fig. 219. Utensilio para cortar tomates en rodajas.

Además de estos objetos, que todavía se comercializan, se han desarrollado otros que no dejan de sorprender por su ingenua idea de funcionalidad. ¿Quién no se ha visto seducido por una lámpara de viaje que nos permita leer a oscuras? (fig. 220). Existen variados modelos de este artilugio que ilumina el libro cuando no hay luz, pero lo cierto es que leer en esta situación, es tan poco frecuente que no vale la pena y, además, no deja de ser un engorro cambiar la lámpara cada vez que pasamos a otra página. Al final, la pila que activa la luz termina por descargarse sin apenas haber usado el invento.



Fig. 220. Lámpara de viaje para leer, adaptable en los libros.

Aunque la galería de objetos de esta clase es muy extensa, vamos a ver un ejemplo más que nos indica el grado de sofisticación en el diseño de un objeto que, seguramente, no se usará nunca, aun cuando realmente es funcional. El bolígrafo con luz incorporada parece sacado de una novela de espías (fig. 221). Cuando se levanta la capucha con linterna, la luz llega directamente a la punta del bolígrafo y así se puede escribir en completa oscuridad. La principal cuestión es: ¿En qué momento y en cuántas ocasiones la necesidad de escribir algo a oscuras nos obligaría a usar este objeto? Probablemente, si se diera el caso de tener que escribir algo en plena oscuridad, nos daríamos cuenta de que no llevamos encima este bolígrafo. Además, tanto para sustituir la lámpara de viaje como este y otros productos semejantes, hay otro objeto mejor, más versátil y cómodo: la linterna frontal, que se adapta fácilmente a la cabeza e ilumina cualquier actividad que se realice a oscuras.

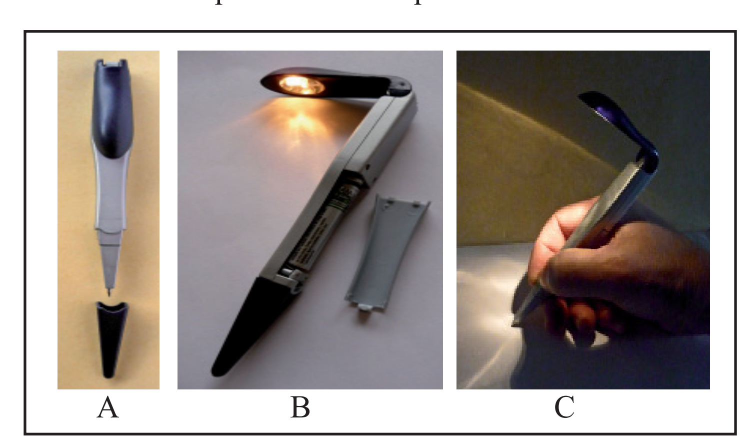


Fig. 221. Bolígrafo con capucha y brazo luminoso sin activar (A). El bolígrafo luminoso se activa gracias a la pila que proporciona energía a la diminuta bombilla (B). Cuando se levanta la capucha, se ilumina y proyecta la luz hacia la punta del bolígrafo (C).

C) *CHINDOGU Y UMDENKEN*

Desde hace más de 150 años, los inventores y diseñadores han registrado sus ideas en la ofinina de patentes y lo curioso es que muchas de esas patentes son objetos imposibles o completamente absurdos. Ni sirven ni se pueden fabricar, ya que prima la fantasía por encima del sentido común (fig. 222).



Fig. 222. Ilustración del siglo XIX de una máquina voladora fantástica.

Tratar de ser original en un mundo creativo es una gran tentación y, a veces, nos puede conducir a inventar algo que, según nuestra manera

de ver el mundo, puede ser de gran utilidad. ¿Cómo es que a nadie se le había ocurrido antes realizar un matamoscas mecánico? «Seguro que esto mejorará la calidad de vida de la gente», piensa el creador del invento (fig. 223). Esto, que en principio es una situación extrema y parece broma, sucede más de lo que se cree en el diseño de productos. La moraleja se resume así: no hace falta inventar ningún sistema nuevo para sustituir lo que funciona perfectamente.



Fig. 223. Matamoscas con resorte para facilitar el golpe. *Chindogu* diseñado por Carmen Navarro (2001).

Ahora bien, desde hace ya algunos años, se ha extendido una corriente de expresión creativa en la realización de objetos con relativa utilidad, originaria de Japón y que se conoce con el nombre de *Chindogu*. Lo de menos es el significado de la palabra, pues la filosofía de esta manifestación, iniciada por el profesor Kenji Kawakami en los años ochenta del siglo pasado, se entronca con la invención de ingeniosos artilugios disfrazados de funcionalidad. En efecto, la principal característica de los *chindogu* es la de no ser útiles, y a partir de este concepto se propugnan diez requisitos a modo de mandamientos que debe cumplir todo *chindogu*:

1. Un *chindogu* no debe ser verdaderamente útil aunque debe parecerlo.
2. Un *chindogu* debe construirse y tomar forma para su función, considerando que cualquiera podría hacer uso de él.
3. El espíritu anárquico debe ser inherente al *chindogu*: son objetos artificiales que se han liberado de las cadenas de la utilidad, representando así la libertad de pensamiento y de acción.
4. Los *chindogu* deben ser objetos cotidianos.
5. Los *chindogu* no se pueden poner a la venta ni como objetos de broma.
6. El humor no es la única razón para crear un *chindogu*, pues su creación responde a la resolución de problemas del día a día.
7. Un *chindogu* no pretende ser crítico con ningún aspecto de la sociedad, ni debería crearse con intenciones irónicas respecto al mundo.
8. Un *chindogu* no puede servir para generar bromas soeces, crueles o de discriminación de cualquier tipo.
9. Los *chindogu* no pueden patentarse.
10. Los *chindogu* no deben generar prejuicios ni favorecer nunca a nadie.



Fig. 224. Este Umdenken, que retoma el significado de «recuperar», es un ejemplo de la tendencia lúdica de transgredir ciertas normas del diseño de productos. Colgador realizado por Atelier IV a partir de un embudo modificado.

Con estas normas, lo más que se puede hacer es tomar el acto de diseñar como un juego de creatividad conceptual y espontáneo, sin reflexionar sobre el verdadero sentido del diseño de productos.



Fig. 225. Muelle para tender la ropa interior. Los calcetines se insertan aprisionados entre las espiras del muelle y así no hacen falta las pinzas. *Umdenken* diseñado por Lizandra (2008)

El desafío a la lógica de los *chindogu* tiene su alter ego europeo en los *Umdenken*, con adeptos y adictos a los objetos extrañamente prácticos y estrafalarios (fig. 224 y 225). Si bien las diferencias entre las dos corrientes no está muy definida, ambas coinciden en manifestarse como expresiones más cercanas al arte y a sus manifestaciones lúdicas, sin intentar tener relación directa con el diseño industrial. Con todo, constituyen un ejercicio de creatividad en donde la concordancia entre forma y función sobrepasa el encorsetamiento al que se ve sometido el diseño industrial. Su aplicación se convierte en un medio para analizar los objetos desde

todas sus dimensiones y, por consiguiente, se convierte en un recurso didáctico de gran interés.

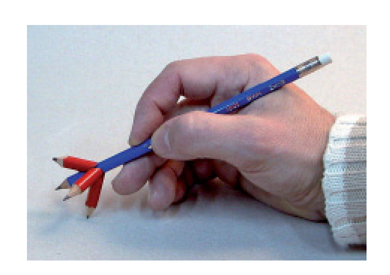


Fig. 226. Lápiz con varias puntas para evitar sacar punta constantemente. Diseño de María Esteller (2003).

Los ejemplos que ilustran estas páginas han sido realizados por estudiantes con la propuesta de diseñar un objeto funcional con apariencia de ser fabricado de manera industrial, pero con una utilidad realmente mínima: lápiz con varias puntas para intercambiarlas y no tener que sacar punta constantemente. (fig. 226); un pincel con depósito de jeringuilla para no tener que cargarlo a cada rato (fig. 227); un protector de embudo para no mancharse la mano con las salpicaduras cuando se pinta el techo con rodillo (fig. 228) y unos palillos-cubiertos para elegir cómo comer la comida china (fig. 229).

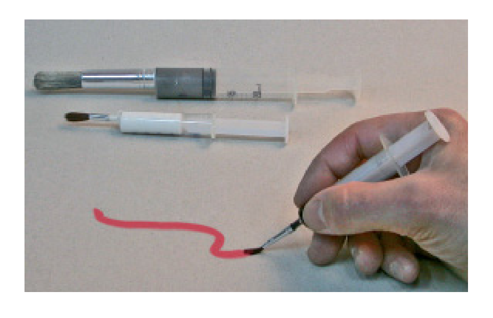


Fig. 227. Pincel con depósito de jeringuilla. Diseño de Laia Cardiel (2003).

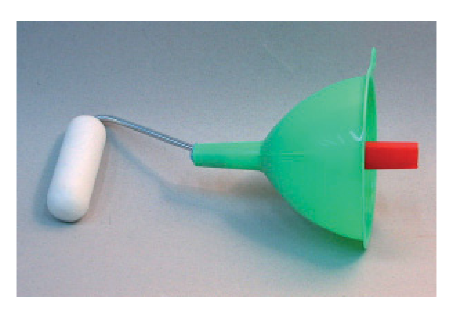


Fig. 228. Protector para pintar con rodillo. Diseño de Óscar Fortés. (2003):



Fig. 229. Palillos con terminación de cuchillo y tenedor. Diseño de Antonio Tárraga (2004).

D) *ANTIDISEÑO*

En este repaso al diseño irracional no podemos evitar hacer mención de lo que podría denominarse antidiseño. O lo que es lo mismo, algo que está en contra de los principios más respetuosos del diseño industrial, y que pertenece a la categoría de objetos simpáticos, llamativos, para regalar cuando no se sabe qué regalar... En suma, objetos completamente prescindibles.

Una lámpara de piedra parece imposible, sin embargo, existe (fig. 230). Si fuera de alabastro, que deja filtrar la luz, o si estuviera compuesta de láminas finas, no sería tan descabellado, pero tratándose de una roca totalmente opaca y con bloques tan pesados, llama la atención. En este objeto se consigue pasar la luz entre los bloques, pero como lámpara, aunque sea de ambiente, deja mucho que desear. Su expresión se aproxima más a la escultura y se podría clasificar como una obra de arte luminosa, pero no un diseño industrial.



Fig. 230. Lámpara de piedra. Su aspecto y su configuración pertenece más al ámbito de la escultura que al diseño industrial.

Otro ejemplo distinto y muy extendido en nuestro mundo de consumo es el de los objetos de regalo con funciones extra, como la vaquita lechera, que sirve para servir leche a modo de jarra (fig. 231). No está mal el juego conceptual entre vaca y leche, y también resulta interesante la

aplicación funcional: la cola como asa y la boca como vertedor. Esta imagen no es tan novedosa ni tan ingeniosa. Hace varios siglos que los aguamaniles (fig. 232) tenían una función similar, pero nunca fueron concebidos como objetos de diseño industrial, porque la industria como la entendemos ahora no existía. Los objetos como éste, aunque se usan a menudo en determinados ambientes, terminan por cansar y ser un objeto de adorno, adquiriendo un sentido decorativo lejano al propósito del diseño.



Fig. 231. Imagen decorativa de un producto de uso: vaquita-lechera de cerámica.

Todavía hay más objetos que, aun siendo verdaderos diseños industriales, tienen una particularidad que les podría catalogar como antidiseño. De un lado, aquellos elementos que al cabo de un tiempo tienen que ser parcheados porque no se adecuan bien a su función en el lugar previsto y, de otro, los objetos que, por una cuestión emocional, no se deberían entender como buen diseño, pues su fabricación no mejora la calidad de vida del ser humano, sino todo lo contrario. Ejemplo de los primeros diseños antidiseño es la adaptación de una placa con pinchos sobre la carcasa de una farola para evitar la degradación a causa de las gaviotas (fig. 233). No sólo se trata de una pieza artesanal, sino que se yuxtapone a la imagen del proyecto original y rompe su estructura visual.



Fig. 232. Aguamanil del Museo Medieval de París.

El segundo caso es más grave. El ser humano ha inventado y desarrollado con gran eficiencia metodológica muchos instrumentos que sólo han producido destrucción y desgracia a una gran parte de la humanidad, desde aparatos de tortura hasta armas indescriptibles (fig. 234), y esta industria se sigue perfeccionando y aumentando los niveles de productividad. ¿Es eso buen diseño? Será diseño, pero no es nada bueno, y por eso lo incluimos como el máximo exponente del diseño irracional.

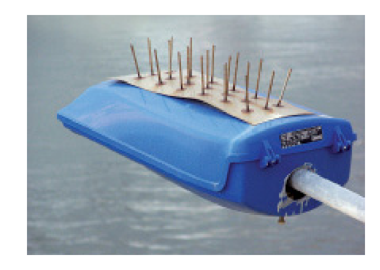


Fig. 233. Farola con un añadido posterior para evitar que las gaviotas y otras aves se apoyen.



Fig. 234. Este revólver es un objeto muy bien diseñado tecnológicamente, pero su uso desmonta un principio fundamental del buen diseño: la mejora de la calidad de vida del ser humano.

2. Fundamentos técnicos de expresión tridimensional

Toda expresión tridimensional requiere algo más que un conocimiento general sobre los elementos básicos y conceptuales que determinan las relaciones espaciales y la de los elementos entre sí. El análisis y la observación del mundo circundante son el punto de partida para desarrollar la recreación mental de las ideas que tomarán cuerpo en forma de maqueta o de modelos representativos.

Cuando hay que enfrentarse al proceso proyectivo, por lo general, se emplieza utilizando croquis y visualizaciones en perspectiva, a mano o con medios informáticos, que ayudarán a completar la imagen del diseño en su fase conceptual. Los modelos tridimensionales serán después los elementos de estudio, de pruebas o de comunicación. Sin embargo, algunos prefieren abordar directamente el paso de la idea al objeto en tres dimensiones ejecutando pequeños modelos de estudio con materiales que permitan una relativa facilidad de empleo. Estas maquetas conceptuales o de experimentación suelen servir como elementos de análisis para realizar, más tarde, el modelo propiamente dicho. No hay reglas fijas y cualquier método es válido siempre y cuando se actúe con precisión y claridad.

El nivel de perfeccionamiento de un modelo varía según sus características particulares o según los materiales disponibles en el tiempo previsto de ejecución. Es necesario emplear materiales idóneos y utilizar un método de trabajo adecuado para cada objetivo en particular o las condiciones que se especifiquen en cada situación. Por consiguiente, el éxito de un modelo estará ligado sin duda a un proceso de preparación escalonado, aparte de la habilidad y experiencia de quien lo ejecute.

2.1. Técnicas y materiales

Para definir las ideas y expresarlas con cierta claridad hay que aplicar técnicas con las que hay que estar familiarizado, y conocer el comportamiento de algunos materiales que facilitarán la expresión tridimensional. Realizar maquetas no es una ciencia excacta ni tiene recetas infalibles. La experimentación y la práctica constituyen la clave de la formación y el perfeccionamiento en las técnicas para explicar, con formas constructivas o volúmenes, las ideas de aquello que pretendemos diseñar.

En los temas que componen este capítulo, hemos creido conveniente diferenciar tres maneras diferentes de generar las configuraciones tridimensionales: constructivas, aditivas y sustractivas. Esta categorización nos permitirá entender mejor el proceso de creación de formas, independientemente de su consideración como geométricas, orgánicas o mixtas, lo que no implica que unas técnicas se adapten mejor que otras a cada una de estas maneras de entender los objetos, tal como iremos viendo.

En síntesis, las configuraciones constructivas son aquellas en las que los distintos elementos (varillas, planos y volúmenes) se van incorporando uno tras otro y todos entre sí para convertirse en una maqueta (fig. 235); las configuraciones aditivas son aquellas en las que se emplean materiales que se pueden modelar con los dedos o con utensilios de tecnología simple, como la plastilina, la arcillas y otras pastas modelables, para dar forma progresiva a los modelos (fig. 236); las configuraciones sustractivas, por el contrario, requieren el hecho de eliminar material de un bloque, es decir, tallar, lijar y alcanzar el volumen pretendido inicialmente (fig. 237).



Fig, 236. Maqueta constructiva de un mueble auxiliar con ruedas. Su configuración se basa en la unión de distintos elementos. Diseño de Carlos Juárez (2004).

No trataremos de explicar un sinfín de técnicas y procedimientos de expresión tridimensional, porque para ello existen manuales extensos a los que acudir para hacer las consultas necesarias y de los cuales se hace referencia en la bibliografía. Simplemente vamos a intentar mostrar aquellas técnicas básicas relacionadas con los materiales más adecuados para la creación de modelos. Para ello contaremos no sólo con imágenes descriptivas de cada fase de trabajo explicado, sino también algunos pequeños vídeos rudimentarios que ayudarán a comprender mejor algunos de los procesos gracias a la imagen en movimiento.



Fig. 236. Modelo de vehículo realizado mediante técnicas de modelado utilizando una arcilla especial. Diseño de José Luis Sanz y su equipo (2005).

2.1.1. Configuraciones constructivas: las maquetas

El ámbito de las configuraciones constructivas es extremadamente amplio. Las técnicas y los procedimientos para desarrollarlas también es muy variado, y por eso no es posible mostrar todo lo que se puede hacer. No obstante, la explicación de algunas técnicas más usuales y sencillas servirá de aliciente para experimentar otras de mayor complejidad, pues muchos materiales se pueden manipular con técnicas equivalentes. Por ejemplo, las técnicas empleadas para el cartón pluma pueden servir para el cartón corrugado (el de las cajas de embalaje) y para muchos productos en forma de láminas o planchas (madera de balsa, cartón prensado, cartulina, etc.). Por este motivo, la mayor parte de explicaciones se referirán a este producto por ser algo más complejo y menos familiar que los otros.



Fig. 237. Proceso sustractivo en la elaboración de un modelo a escala de fuente para beber, realizado con espuma de poliestireno. Diseño de Marcos Gómez (1999).

A) *EL CARTÓN PLUMA*
http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=396&lg=

El cartón pluma, utilizado sobre todo para maquetas de arquitectura y construcción (fig. 238), puede ser también empleado para desarrollar modelos de numerosos objetos de diseño industrial: muebles, electrodomésticos, envases, mobiliario urbano, etc. (fig. 239). Pero para poder sacar partido de este material hay que familiarizarse con sus características principales, ventajas y desventajas de su utilización y, por supuesto, sus limitaciones.

Gracias al cartón pluma es posible confeccionar modelos en un tiempo relativamente corto en comparación con otros materiales. Es limpio, fácil de manipular (corte, lijado, pegado, etc.), ligero y transportable en forma de planchas o como maqueta realizada. Sin embargo, esta técnica presenta un inconveniente cuando se deben realizar formas curvas y más aún aquéllas orgánicas, lo cual es mucho más fácil de llevar a cabo con el empleo de cualquier otra masa plástica o haciendo uso de espumas rígidas. Para compensar esta deficiencia, los materiales de papel (cartulina, cartón, etc.) se pueden combinar con otros materiales, como las espumas de poliestireno o de poliuretano y otros productos semejantes (del tipo *foam*, o madera de balsa, corcho, etc.) para configurar cualquier forma tridimensional curvada en las maquetas de esta clase.
Para la realización de modelos con materiales de papel, cartón o similar, también se pueden emplear otros materiales, como componentes de modelismo ya existentes, que simulan piezas o elementos (pulsadores, interruptores, manivelas, etc.), siempre que se ajusten a la escala del objeto. Si quedara alguna parte al descubierto o un hueco entre piezas después de las uniones, se puede masillar con productos al uso o, simplemente, tratar de ocultar los defectos con algo de imaginación.

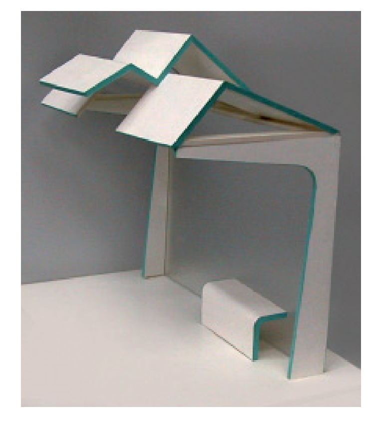


Fig. 238. Marquesina para parada de autobús realizada con cartón pluma. Diseño de María Ángeles Gómez (1999).

De todos modos, el empleo de los productos disponibles y el conocimiento, en mayor o menor medida, de sus características intrínsecas puede mejorar y facilitar la rapidez y la calidad en la ejecución de la maqueta. Porque, a menudo, los principiantes que pretenden realizar un modelo o una maqueta con el cartón pluma desconocen las propiedades mecánicas y técnicas para aprovechar al máximo las posibilidades que ofrece este material. Los más impulsivos abordan directamente el trabajo creyendo que es lo mismo que manipular la cartulina o el cartón, convirtiendo una labor paciente en una pesadilla con resultados más bien nefastos (fig. 240).



Fig. 239. Papelera para exteriores realizada con cartón pluma. Diseño de Luis Gallego (1998).

Las indicaciones que se van a dar en las próximas páginas no constituyen un recetario de soluciones definitivas, sino consejos para solventar algunas deficiencias y así poder atajar ciertas actuaciones incorrectas desde el principio. La iniciación al conocimiento pasa por comprender las posibilidades plásticas del material elegido y después practicar y experimentar hasta desarrollar la destreza. A partir de aquí, cada uno debe ser capaz de seguir el camino de su propio estilo y personalidad.

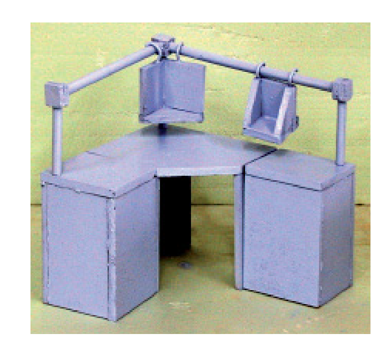


Fig. 240. El desconocimiento de las técnicas suele ser el responsable de mquetas muy deficientes. Maqueta de mueble para el ordenador.

Características del cartón pluma

Una plancha de cartón pluma es una estructura laminada; se trata de un sándwich de poliestireno extrusionado (algunos lo llaman *styrofoam*) entre dos láminas de cartulina tratada con un material que, además de blanquear, proporciona una superficie ligeramente satinada (fig. 241). Estas planchas se pueden cortar con un cúter, pelar una o ambas cubiertas de

papel y dar formas distintas con ayuda de lijas, limas o cuchillas hasta conseguir el efecto deseado, siempre dependiendo del espesor del poliestireno.

Para las uniones es factible el empleo de diferentes pegamentos aptos para la cartulina y el poliestireno, intentando evitar aquéllos que contengan disolventes si entra en contacto directo con el poliestireno. Como medio adhesivo más inmediato se puede optar por cinta adhesiva de doble cara o acudir también al uso de pistolas con barritas termofusibles, ya que actúan como puntos o cordones de soldadura sin perjudicar ningún material.

cubiertas de cartulina tratada

lámina de poliestireno

Fig. 241. Una plancha de cartón pluma está constituida por dos láminas de cartulina tratada adheridas a la lámina de poliestireno durante el proceso de fabricación.

El acabado cromático de las superficies puede llevarse a cabo con pinturas al agua (acuarelas, témperas, acrílicos) o pinturas sintéticas (esmaltes, lacas, etc.), aplicado con pincel o con aerógrafo indistintamente. Se puede igualmente presentar el modelo final combinándolo con otros elementos disponibles en el mercado o que se puedan imprimir sobre adhesivo, tales como letras, tramas o imágenes de formas variadas que puedan simular desde mandos de electrodomésticos hasta elementos arquitectónicos (ventanas, puertas, etc.) y texturas de todo tipo.

A la hora de trabajar con este material, conviene saber que las planchas tienen una tendencia de curvatura propia debida a la dirección de su producción en la fábrica (fig. 242). Éstas presentan una textura apenas perceptible que nos indica la dirección de la fibra, que es la misma que la de fabricación. Así, como ocurre con otros materiales fibrosos, las planchas ofrecen más resistencia al plegado y curvado en la dirección perpendicular a la fibra o de fabricación, y todo lo contrario cuando se trabaja a favor de la fibra. Convendrá tener en cuenta este aspecto cuando se tenga que curvar o plegar ciertas superficies. Otras veces será conveniente pelar una de las cubiertas para después volverla a adherir al poliestireno con el fin de mantener la forma que se quiere imprimir a la superficie, tal como veremos en las próximas páginas.

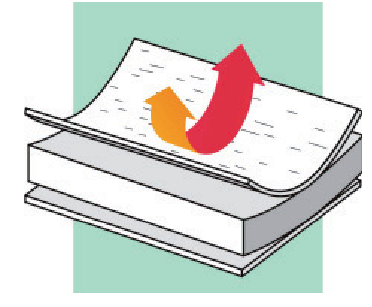


Fig. 242. Las planchas de cartón pluma son más fáciles de doblar en el sentido perpendicular respecto a la dirección de la fibra, como en otros materiales similares.

Otras consideraciones

La calidad de superficie de este material es buena hasta el punto de que permite un óptimo trabajo con las superficies planas y también permite conformar superficies ligeramente curvas, aunque en este segundo caso es necesario ayudarse de elementos que sirvan de soporte o molde para realizar planos curvos de esta índole, e incluso cilindros y troncos de cono. En cuanto a la construcción de volúmenes prismáticos, no existen dificultades especiales, pero es conveniente prever el ocultamiento del poliestireno con las propias cubiertas o con bandas de papel que cubran los cantos vistos, aunque esta última opción es más compleja y menos adecuada que la primera.

Un buen principio en la realización de maquetas de cartón pluma y, por extensión, en los cartones de otros tipos, comienza con la disposición de un mínimo de utensilios que permitan trabajar con mayor comodidad (fig. 243):

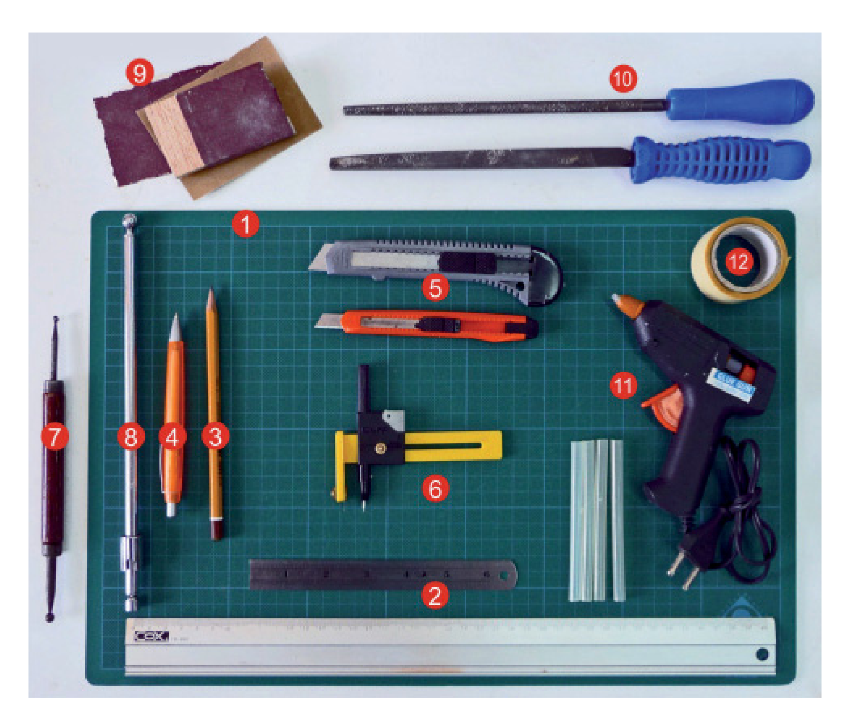


Fig. 243. Utensilios más prácticos para los trabajos como cartones.

1. Tablero para realizar cortes
2. Una o dos reglas metálicas
3. Un lápiz para marcar los trazados
4. Un bolígrafo sin tinta, para marcar las zonas de pliegue sin rayar
5. Cuchillas (cúter o similar)
6. Compás con cuchilla para cortar curvas
7. Marcador de bola o utensilio equivalente
8. Eventualmente se puede utilizar algún otro utensilio con bola, como la punta de una antena de radio
9. Lijas y abrasivos de papel
10. Limas de grano fino
11. Pistola con barritas termofusibles para encolar y sujetar piezas
12. Cinta adhesiva de doble cara (como adhesivo alternativo)

Procedimientos de corte

Antes de todo, es importante disponer de los utensilios adecuados y aplicarse en seguir unas mínimas normas de seguridad mientras se manipulan las cuchillas. A continuación proponemos unas recomendaciones:

- Es necesario que las cuchillas (cúter, bisturí, etc.) estén bien afiladas, porque así se evita rasgar y romper el material que hay que cortar.
- Es preferible el uso de una regla metálica, ya que las de plástico o madera pueden ser dañadas por las cuchillas al trazar los cortes, con lo cual éstos podrían resultar imperfectos.

- Se debe emplear un soporte adecuado (tablero de corte, o similar) con el fin de no cortar la superficie de la mesa en donde se trabaja. Hay quien usa un tablero de contrachapado o de metal, pero es mejor emplear los soportes que existen a tal propósito en los comercios especializados, puesto que estos primeros quedan dañados por las hendiduras que provocan las cuchillas, viciando y desviando en numerosas ocasiones la trayectoria de corte.
- Al cortar hay que mantener la posición adecuada y cómoda de las manos, pues es muy fácil tener un accidente con las cuchillas (fig. 244). A pesar de la obviedad del consejo, cuando se traza el corte con la cuchilla conviene mantener los dedos fuera del trazado, presionando la regla metálica (posición C). Sólo así se podrán evitar lesiones bastante frecuentes, tal como sucedería si se adoptara la posición A o la posición B.
- Hay que mantener una postura cómoda para ejecutar los cortes, mirando el trazado de la cuchilla desde arriba, y dirigiendo la trayectoria de corte en el sentido más idóneo según sea diestro o zurdo quien lo realice (fig. 245). Por razones biomecánicas, resulta más cómodo y seguro para los diestros trazar los cortes de la misma manera que cuando dibuja (A): de arriba abajo y de izquierda a derecha. Hacerlo al contrario puede llegar a suponer un corte desigual e incluso provocar algunas rasgaduras sobre el papel o el cartón.

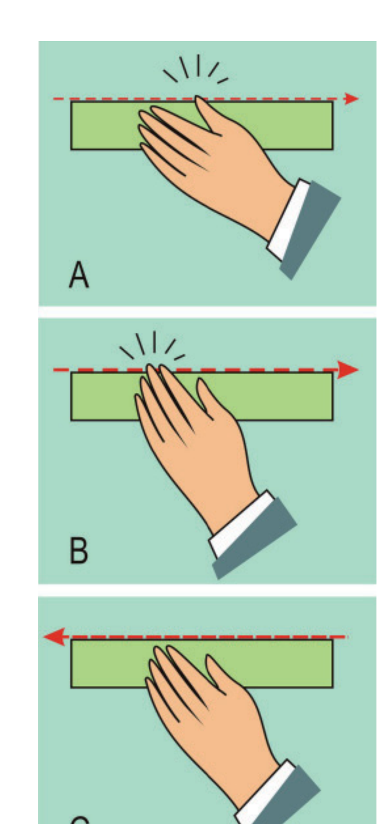


Fig. 244. Cuando se emplean técnicas de corte hay que prestar atención a la posición de las manos para evitar accidentes. La posición C es la más indicada.

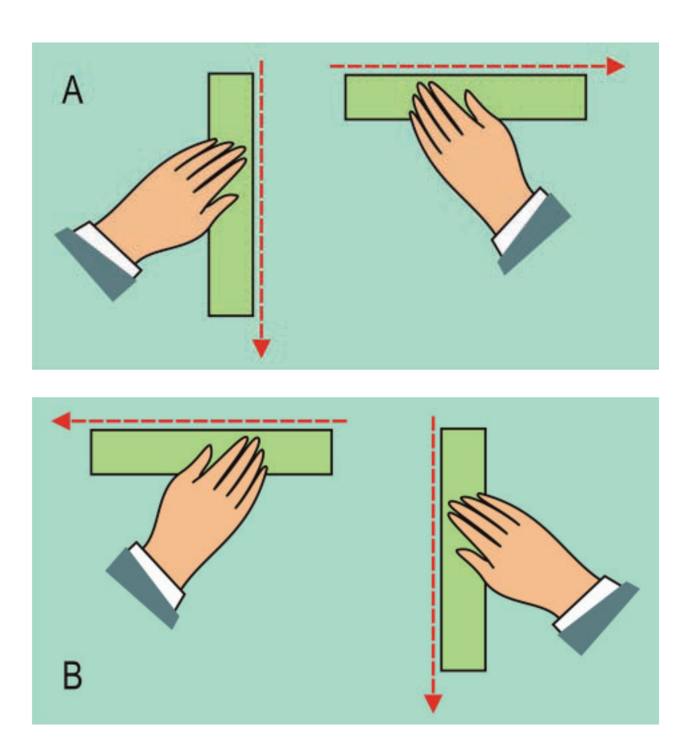
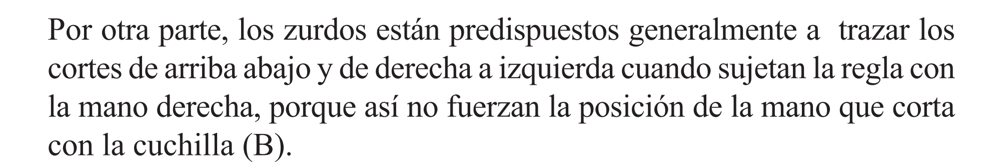


Fig. 245. Para trazar cortes se debe adoptar una postura cómoda, y hacerlo como si se estuviera dibujando. Esto estará en función de si uno es diestro (A) o zurdo (B).


Por otra parte, los zurdos están predispuestos generalmente a trazar los cortes de arriba abajo y de derecha a izquierda cuando sujetan la regla con la mano derecha, porque así no fuerzan la posición de la mano que corta con la cuchilla (B).

Practicar cortes en el cartón pluma no significa recortar una pieza por completo. A veces nos hemos de valer de cortes de una sola cubierta, de incisiones en ángulo para canaladuras, etc. A menudo resulta difícil pelar alguna de las cubiertas del cartón pluma por estar fuertemente pegada al poliestireno. En estos casos, lo mejor es ayudarse de una cuchilla que vaya separando ambos materiales (fig. 246). Por lo demás, al cortar una plancha, no es recomendable hacerlo de una sola pasada atravesando todo el espesor, sino, más bien, marcando con la cuchilla varias veces por la misma línea hasta cortar la pieza sin forzar el material.

Fig. 246. Cuando hay que pelar alguna de las cubiertas de cartón, es conveniente utilizar el cúter para facilitar la tarea.

Veamos ahora las diferentes técnicas que nos podrán servir posteriormente para poner en práctica los distintos procedimientos de maquetismo en cartón pluma, empezando por los cortes más sencillos. Muchos de los procedimientos que aquí se exponen son aplicables también a otros tipos de cartón.

Muchas veces es necesario hacer un corte en una sola de las cubiertas para levantar una parte de la misma o simplemente eliminarla. También resulta útil cuando se empieza a cortar una plancha de cartón pluma en todo su espesor (fig. 247). Para ello, con la cuchilla sobresaliendo muy poco respecto al protector del cúter, se corta la cubierta superior apoyando el protector sobre la regla metálica mientras se hace el corte (fig. 247-A).

Para cortar la cubierta superior y el poliestireno sin afectar a la otra cubierta, se comienza con el paso anterior y después se corta el poliestireno actuando de la misma manera, sin alcanzar a la cubierta inferior, que debe permanecer intacta (fig. 247-B). En el caso de que la plancha de poliestireno tuviera un espesor considerable (5 mm o más), conviene pasar la cuchilla las veces que haga falta y sin apretar demasiado para que el corte sea más limpio.

Si se trata de cortar por completo la plancha, tras haber seguido los mismos pasos que se han descrito antes, se corta el fondo de la cubierta que queda (fig. 247-C).

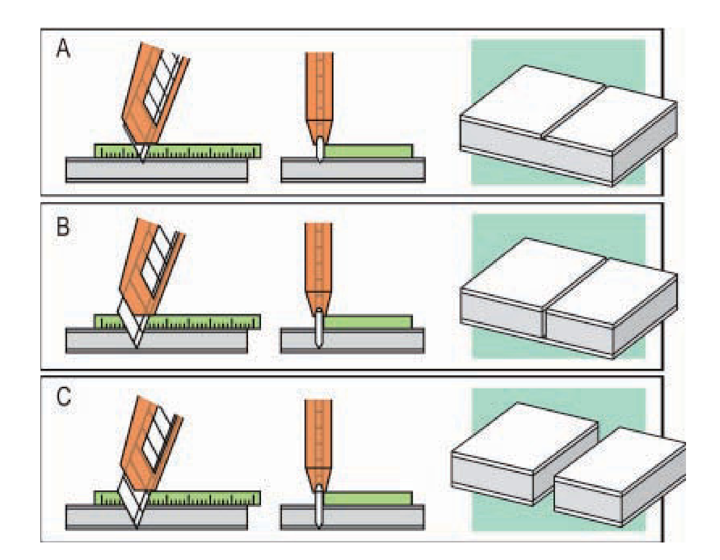


Fig. 247. Aunque cortar una plancha en tres fases hasta atravesarla puede parecernos lento e inútil, con este método se evitan en gran medida las irregularidades y rasgaduras de las cubiertas y del poliestireno, que se desgrana con relativa facilidad ante el paso de una cuchilla que corta materiales de distinta calidad y espesor.

Canto pelado en bisel recto

Al hablar de canto «pelado» nos referiremos al corte directo cuando el poliestireno queda al aire y no se cubre con ninguna cubierta.

El proceso para rebajar un canto de la plancha de cartón pluma en forma de bisel a 45º, se muestra en las imágenes de la fig. 248. En la sucesión de las viñetas se empieza por dibujar la zona de corte, que será de ancho igual al espesor de la plancha (A). Después de trazar un corte sobre la cubierta sin alcanzar la parte de poliestireno (B), se elimina la banda de la cubierta (C), tras lo cual podremos optar por eliminar el poliestireno mediante corte con la cuchilla y una regla con bisel de 45º en donde apoyarse (D-1) o mediante abrasión con una lima o con lija (D-2), procurando respetar el ángulo previsto. Al final, el resultado será prácticamente el mismo (E), aunque, por comodidad, es preferible utilizar el rebajado por acción del abrasivo.

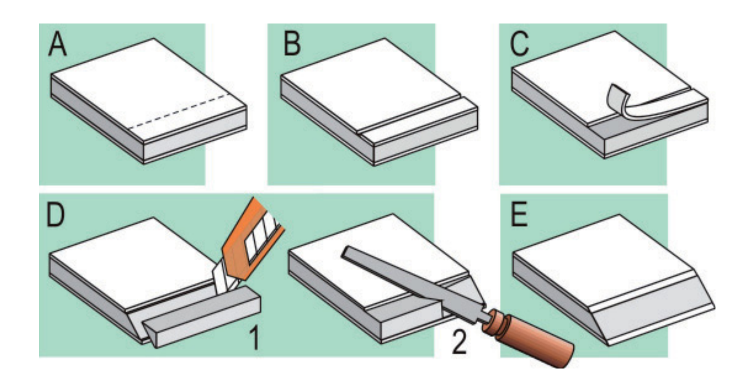


Fig. 248. Proceso esquemático del corte en bisel pelado a 45º de una plancha de cartón.

Cuando interese realizar un canto con un ángulo diferente, se podrá hacer por aproximación, considerando que la banda de papel deberá ser más ancha o más estrecha que el espesor de la plancha de cartón pluma, en función del ángulo necesario.

Canto pelado en bisel curvo

El procedimiento antes descrito sirve también para rebajar un canto en bisel curvo, al menos en lo que respecta a la primera fase. Si se trata de redondear el canto con una curva de radio equivalente al espesor de la plancha, se seguirán los tres primeros pasos de la misma manera que en el bisel recto de 45º (fig. 249). Después, con ayuda de una lija o una lima, se rebajará la porción de poliestireno procurando que la curvatura sea la misma en el sentido longitudinal del canto, para lo que se aplicará un movimiento doble al lijar, tal como indican las flechas en la figura B.

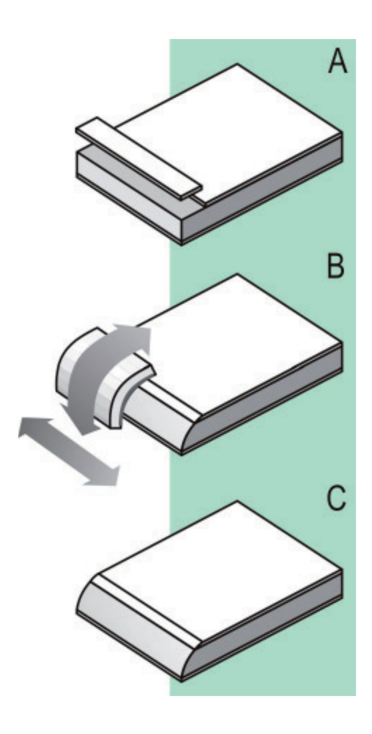


Fig. 249. Procedimiento para realizar un canto pelado en bisel curvo.

Es aconsejable proveerse de soportes curvos convexos y cóncavos para acoplar los papeles de lija y realizar mejor la abrasión de este tipo de superficies.

Canto cubierto en bisel recto

A diferencia de los cantos «pelados», los cantos cubiertos permiten una mayor pulcritud visual y la continuidad de la superficie impidiendo que se vea el poliestireno, no siempre deseado en una maqueta definitiva. Para ello, la opción más adecuada no es la de ocultar estos cantos con tiras de papel adhesivo o con tiras de cartulina adheridas a los cantos. El sistema más limpio e integral es el de aprovechar las mismas cubiertas del cartón pluma.

Tanto en el caso del bisel recto en ángulo (sea cual sea éste), como en los cantos redondeados, habrá que estudiar con atención la parte de cubierta que deberá ser aprovechada para ocultar la sección del cartón pluma. Tal como se indica en la secuencia de figuras de la imagen (fig. 250), se procede como sigue:

A. Se mide la zona de bisel (Y) y la superficie que servirá como pestaña cubriente del bisel (X), y se marcan con un trazo dibujado.
B. Después se corta y se elimina la cubierta superior, bien por separado, como se muestra en esta imagen, o bien de una sola pieza, lo que resultaría más práctico. También se elimina la porción de poliestireno que dejará libre la cubierta inferior, que servirá como pestaña para cubrir el canto.
C. Se rebaja el poliestireno para dar forma al bisel, respetando la cubierta inferior.
D. Se dobla la cartulina de la cubierta inferior y se repliega sobre el canto de la plancha previo encolado de la cara interna.
E. Para mejores resultados se procura dar mayor anchura a la banda de cartulina, de manera que se pueda fijar el extremo de la pestaña a la cubierta superior.

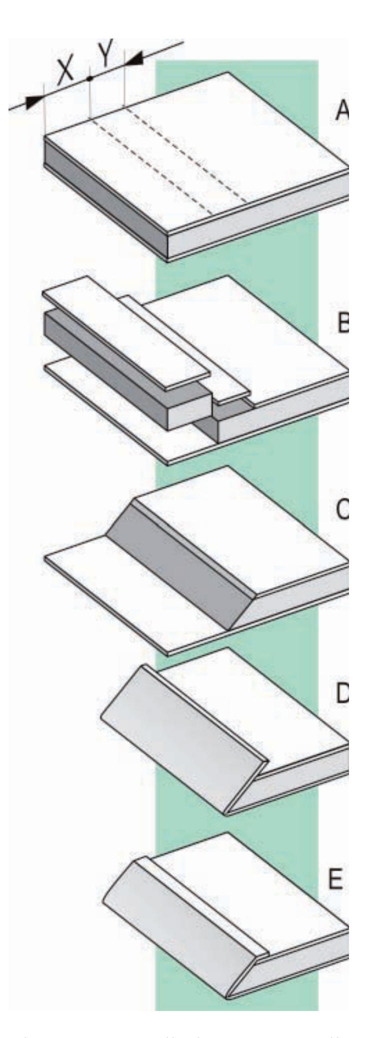


Fig. 250. Procedimiento para realizar un canto en bisel recto.

En todo caso, el bisel podrá tener un canto más agudo o más redondeado, dependiendo del estiramiento de la pestaña que ejercerá mayor o menor presión sobre el borde agudo.

Cantos y bordes curvos cubiertos

Cuando lo que se trata es de dar forma curva al canto de una plancha, tendremos que decidir la amplitud de la curvatura, ya que según sea ésta se deberá actuar de una manera u otra.

Empezaremos por el canto más sencillo: el borde redondeado sencillo de una sola plancha de cartón pluma (fig. 251).

Observando la serie de figuras del bloque A vemos que, al igual que en el caso anterior, se marca la parte de cubierta que servirá como superficie

del borde, eliminando la cubierta superior y la porción de poliestireno (A-1, A-2 y A-3). En este caso, dado que el diámetro del borde ha de ser equivalente a la anchura de la plancha, la distancia entre la línea de corte y el extremo deberá ser mayor que el doble del espesor de dicha plancha.

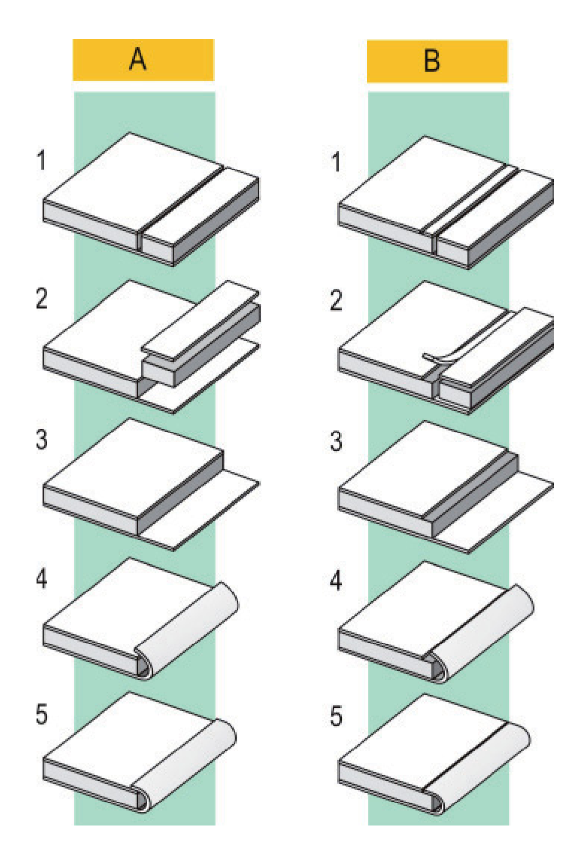


Fig. 251. Procedimiento para realizar un canto en bisel curvo. Columna A: método sencillo. Columna B: método con rebaje para alojar la zona de pegado de la pestaña.

Después se aplica cinta adhesiva de dos caras o el pegamento adecuado en la parte interna de la cubierta y se dobla plegando por la parte del poliestireno hasta que queda fijada (A-4 y A-5).

Si se desea que la superficie de la cubierta sea continua y no marque el escalón por la superposición de la otra cubierta adherida, es conveniente pensar en pelar una zona de la cubierta superior, como vemos en la columna B (B-1, B- 2 y B-3). El método es prácticamente igual al anterior, pero en este caso la parte de la cubierta que se adhiere se aloja en el rebaje previsto (B-4 y B-5). Este mismo recurso se puede utilizar en otras aplicaciones, como el ya expuesto en el apartado anterior sobre el canto cubierto en bisel recto, en donde lo único que se debe tener siempre en cuenta es que la zona de unión entre la cubierta superior y la banda de cartulina de la superficie inferior coincidan lo mejor posible, tal como se indica (B-5).

Cuando se requiera un borde redondeado sencillo de mayor diámetro que el de la plancha, se puede seguir el mismo proceso que el descrito arriba, pero habrá que aumentar el espesor de la plancha uniéndola con otra, al tiempo que será necesario proporcionar una mayor anchura a la cubierta que se pliega, que se adherirá en este caso a la segunda plancha (fig. 252).

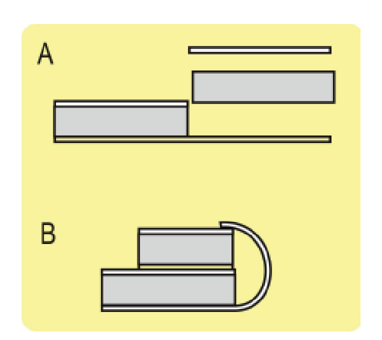
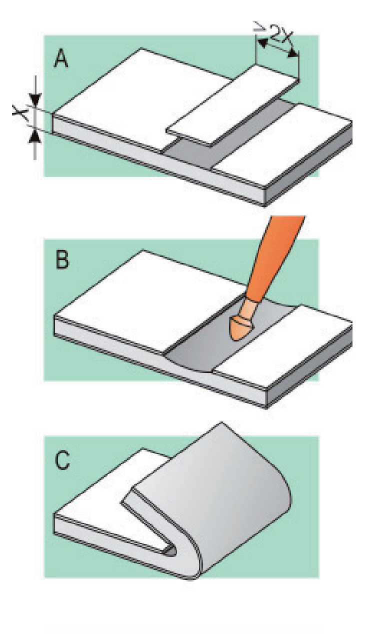


Fig. 252. Esquema pra realizar un borde redondeado amplio.

Sin embargo, para curvas de este diámetro o mayor, es recomendable seguir el procedimiento que vamos a describir a continuación, ya que, como se aprecia en los esquemas, la solidez del canto de la curva es relativamente floja.

Para realizar bordes redondeados de radio mayor es mejor aprovechar la misma plancha de cartón pluma, de manera que plegándola sobre sí misma nos proporcione el canto curvado deseado (fig. 253). Así, si se necesita hacer un borde redondeado de radio equivalente al espesor de la plancha, se procede de este modo:

A. Se elimina una franja de la cubierta cuya anchura sea algo mayor que el doble del espesor de la plancha.
B. A continuación, y con ayuda de un marcador de cabeza redondeada o similar, se ejerce presión sobre la parte de poliestireno que ha quedado libre de la cubierta.
C. Gracias al paso anterior se evita un exceso de presión que agrietaría la superficie de la cubierta exterior al curvar la plancha sobre sí misma.
D. Se aplica pegamento o cinta adhesiva de doble cara y se unen las superficies para generar el canto curvado.



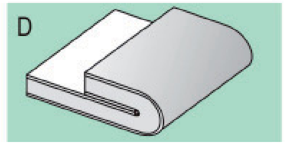


Fig. 253. Procedimiento para realizar un canto en bisel recto.

Siguiendo este mismo método se pueden también realizar cantos o bordes redondeados de mayor diámetro (fig. 254). En esta ocasión, la franja de cubierta que se suprimirá tendrá una anchura equivalente a la suma del doble de la plancha (2X) y el trozo añadido (Y). Tras eliminar la banda de cartulina (A) se podrá rebajar ligeramente el poliestireno a vista (bien por presión o bien por abrasión) y después de aplicar el adhesivo a las superficies, plegar con cuidado la plancha (B).

La diferencia consiste en tener que aumentar el espesor de la plancha con la adición de una o más piezas y determinar una mayor anchura de la banda de cubierta que se debe eliminar.

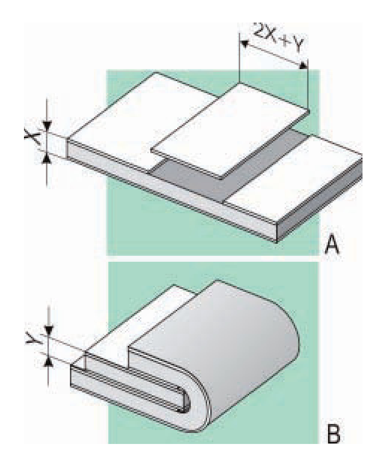


Fig. 254. Manera de realizar un borde redondeado de gran tamaño.

Bordes redondeados para bisagras y similares

En ocasiones se plantea la realización de una bisagra para la portezuela de un mueble o de un electrodoméstico. Para realizarla se aplican los mismos principios que se han venido describiendo hasta aquí, expresado ahora de forma esquemática (fig. 255):

A. Se corta la superficie de la cubierta superior del cartón pluma, tan ancha como el cilindro de la bisagra, es decir, que la anchura será algo mayor que la longitud de la curva: $2\pi R$. El corte de poliestireno no seguirá el mismo trayecto, ya que se debe prever una franja intacta en donde se practicará un bisel de ángulo, determinado por el tamaño del cilindro de la bisagra.

del borde, eliminando la cubierta superior y la porción de poliestireno (A-1, A-2 y A-3). En este caso, dado que el diámetro del borde ha de ser equivalente a la anchura de la plancha, la distancia entre la línea de corte y el extremo deberá ser mayor que el doble del espesor de dicha plancha.

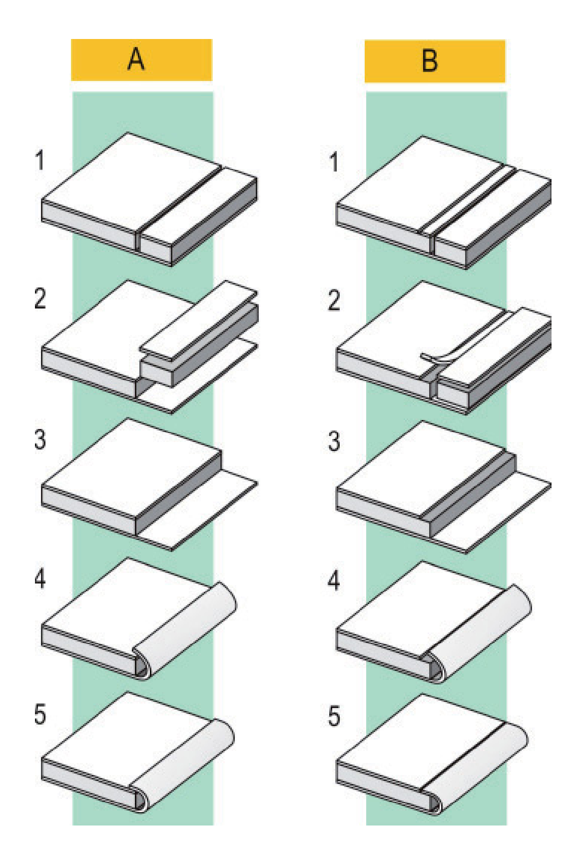


Fig. 251. Procedimiento para realizar un canto en bisel curvo. Columna A: método sencillo. Columna B: método con rebaje para alojar la zona de pegado de la pestaña.

Después se aplica cinta adhesiva de dos caras o el pegamento adecuado en la parte interna de la cubierta y se dobla plegando por la parte del poliestireno hasta que queda fijada (A-4 y A-5).

Si se desea que la superficie de la cubierta sea continua y no marque el escalón por la superposición de la otra cubierta adherida, es conveniente pensar en pelar una zona de la cubierta superior, como vemos en la columna B (B-1, B- 2 y B-3). El método es prácticamente igual al anterior, pero en este caso la parte de la cubierta que se adhiere se aloja en el rebaje previsto (B-4 y B-5). Este mismo recurso se puede utilizar en otras aplicaciones, como el ya expuesto en el apartado anterior sobre el canto cubierto en bisel recto, en donde lo único que se debe tener siempre en cuenta es que la zona de unión entre la cubierta superior y la banda de cartulina de la superficie inferior coincidan lo mejor posible, tal como se indica (B-5).

Cuando se requiera un borde redondeado sencillo de mayor diámetro que el de la plancha, se puede seguir el mismo proceso que el descrito arriba, pero habrá que aumentar el espesor de la plancha uniéndola con otra, al tiempo que será necesario proporcionar una mayor anchura a la cubierta que se pliega, que se adherirá en este caso a la segunda plancha (fig. 252).

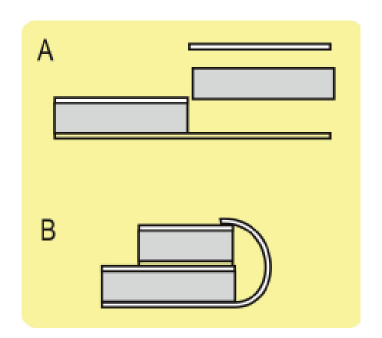


Fig. 252. Esquema pra realizar un borde redondeado amplio.

practicar rebajes longitudinales en «V» para generar esquinas con una mejor definición lineal de la arista exterior. Según el ángulo que deba tener la esquina, el rebaje tendrá un ángulo mayor o menor, tal como veremos en las próximas páginas.

Para realizar una esquina visible exterior de 45º o interior de 135º, se empieza por do un rebaje longitudinal en «V» a 45º. El proceso es como sigue (fig. 258):

A. Puesto que el ángulo del rebaje debe ser de 45º, la franja de la cubierta que se tenga que cortar debe ser de anchura equivalente al espesor de la plancha.
B. Una vez cortada la cubierta y eliminada la banda de cartulina, se rebaja el poliestireno cortando o lijando directamente los biseles en ángulo sin llegar a incidir en la cubierta inferior.
C. Tras aplicar adhesivo adecuado en las superficies de unión se pliega la plancha sobre sí misma.

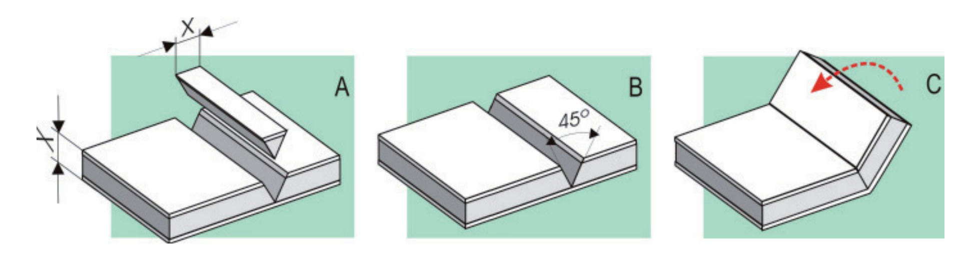


Fig. 258. Método para realizar una esquina en ángulo interior de 135º.

- *Esquina visible exterior e interior a 90º*
  Realizar una esquina en ángulo recto es menos complicado que en un ángulo diferente y, como en el caso precedente, se puede lograr de distintas maneras. Si empleamos el método que se esquematiza en la fig. 259, basta con eliminar una banda de la cubierta superior de anchura igual al espesor de la plancha, y después la porción correspondiente de poliestireno, respetando la integridad de la otra cubierta (A). Finalmente, se adhieren las superficies de contacto al plegar la plancha (B).

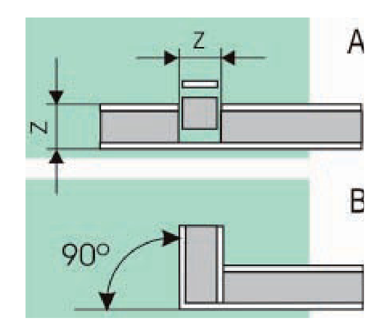


Fig. 259. Método sencillo para realizar una esquina en ángulo de 90º, tanto interior como exterior.

Otro procedimiento consiste en hacer un rebaje longitudinal en «V» a 90º, como se muestra en la secuencia de imágenes de la figura 260, empleándose las mismas pautas para los rebajes en «V» ya descritos antes, pero considerando la anchura de la franja de cubierta que se va a eliminar (en este caso, el doble que el espesor de la plancha de cartón pluma).

A. Tras marcar en la cubierta superior una franja de doble anchura que el espesor de la plancha, se elimina la banda de cartulina correspondiente.

B. Una vez quitada la banda de cartulina, se realiza un corte que atraviese el poliestireno en la mitad de la zona pelada, procurando no alcanzar la cubierta opuesta.
C. Ahora se puede doblar la plancha como se aprecia en la viñeta, marcando así lo que será la esquina.
D. A continuación se lija o se corta con cuidado la parte de poliestireno sobresaliente.
E. El ángulo del rebaje será de 90º.
F. Se encolan los cantos biselados y se pliega el cartón pluma, para obtener así una esquina en arista visible exterior e interior.

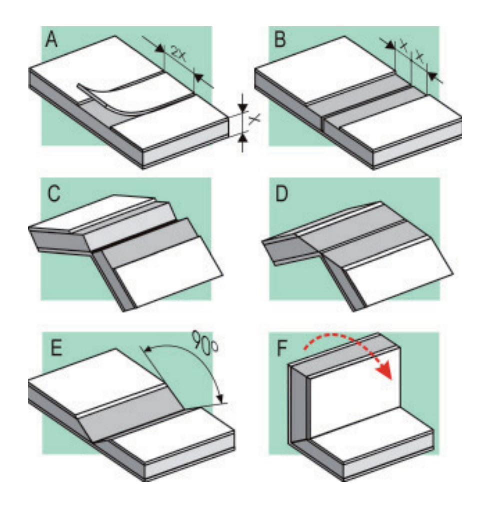


Fig. 260. Proceso de realización de una esquina en ángulo recto.

- *Esquinas en curva visible exterior (método 1)*
Las esquinas en curva siguen en gran medida los principios básicos de las esquinas en arista, y el ángulo entre las caras que forman dichas esquinas dependerá a veces de la presión que se ejerza al plegar la plancha de cartón pluma. Esto no implicará siempre que una mayor presión de plegado provoque una esquina de curva menor, pues ésta también depende del volumen de poliestireno que tenga el cartón pluma en esa zona.

A continuación veamos una manera sencilla de producir una esquina curva exterior (fig. 261):

A. Se realiza una hendidura longitudinal no muy profunda en la parte opuesta a la parte en donde se encontrará la esquina.
B. Se dobla la plancha y se procura que la cubierta hendida (la opuesta a la esquina) se doble hacia el interior de la plancha para no ofrecer resistencia al plegarse.
C. Para mantener mejor la plancha curvada, conviene utilizar pegamento de barra termofusible mediante un cordón a lo largo de la junta, tal como se señala en la imagen, o si no, con cinta adhesiva lo bastante ancha como para impedir que la plancha se abra.
D. Una vez sujeta la esquina interior, la superficie exterior tendrá una curvatura bastante amplia. Si se fuerzan las caras, podrá llegar

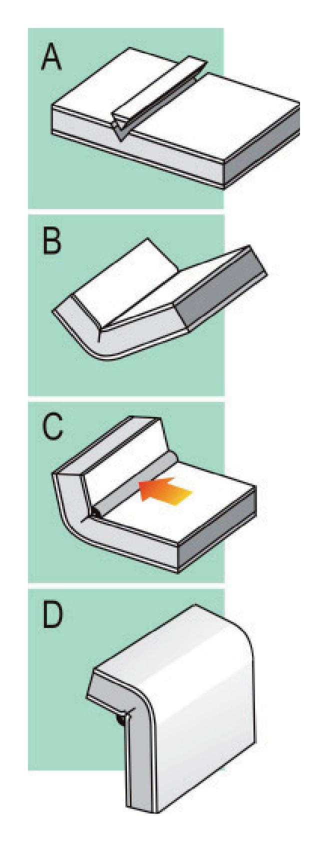


Fig. 261. Proceso para realizar una esquina curva exterior.

a formar un ángulo recto, pero la cubierta estará excesivamente tensa y se podría agrietar o romper.

Con una técnica similar a la utilizada en el plegado de cartulinas para embalaje, es fácil llegar al mismo resultado que el que acabamos de ver. Se trata de presionar con un marcador (o fileteador) de punta redonda la franja opuesta a la esquina exterior (fig. 262-A). Al rebajar el volumen en esa zona se facilita el plegado sin forzar la fibra de la esquina curvada (fig. 262-B). Para mantener la posición en ángulo, se aplica pegamento termofusible, como ya se ha visto antes.

Fig. 262. Otro método para realizar una esquina redondeada con ayuda de un marcador o un utensilio con punta redondeada.

- *Esquinas en curva visible exterior (método 2)*
  Con este segundo método, además de alcanzar el propósito de la esquina en curva, es factible obtener una esquina visible interior en arista. Puesto que consiste en una técnica de rebajes en «V», la curvatura se encuentra en relación proporcional más o menos directa con respecto al ángulo y la profundidad de dicho rebaje (fig. 263).

A. Cuando se practica un rebaje longitudinal en «V» a 45º con una profundidad media, el radio de la curva es aproximadamente el doble del espesor de la plancha y el ángulo interior de la esquina es de unos 135º. En este caso hay que eliminar una franja de cubierta equivalente a la mitad del espesor de la plancha de cartón pluma, procediendo tal como se esquematiza en la ilustración.
B. Si se actúa del mismo modo que en el rebaje a 45º pero con un ángulo de 90º, el ángulo interior de la esquina será de 90º y el radio de curvatura de la esquina exterior tendrá un valor similar al espesor de la plancha.

En ambos casos, a diferencia de lo explicado en el método anterior de esquinas en curva, para mantener el pliegue bastará con aplicar adhesivo en las superficies de unión (las de la acanaladura en «V»), con lo que se evita de esta forma el volumen innecesario del pegamento termofusible al tiempo que se podrá apreciar una junta limpia.

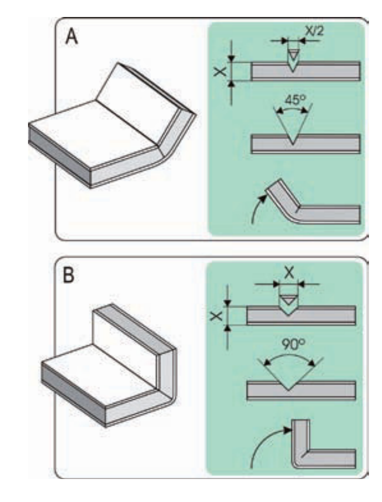


Fig. 263. Dos maneras de realizar una esquina exterior en curva para mantener visible, también, la esquina interior.

Doblar planchas de cartón pluma

Aparte de las esquinas y pliegues, hay técnicas para curvar piezas sin que tengan que ser obligatoriamente esquinas, pues en ciertas ocasiones un diseño puede poseer superficies curvadas de mayor amplitud. Para asegurarnos de una buena calidad en el resultado hay que conocer antes la dirección de la fibra del producto, ya que esto permitirá saber qué método es más conveniente en cada momento. La flexión debe hacerse siempre perpendicular a la fibra y no en su dirección, tal como ocurre en la naturaleza: si observamos, por ejemplo, una planta, advertimos que la veta tiene un sentido longitudinal paralelo al tallo

(crecimiento vertical), mientras que la corteza gira en sentido perpendicular a la fibra (crecimiento horizontal). Si se intenta doblar el tallo, éste acaba por romperse; en cambio, la corteza se abre como un plano curvado. Este mismo principio servirá para adaptarlo a nuestras necesidades. Así pues, siempre que sea posible, hay que curvar la plancha en el sentido natural indicado. Y esto se puede aplicar a todo tipo de materiales (chapa de madera, cartón gris, cartón ondulado, etc.).

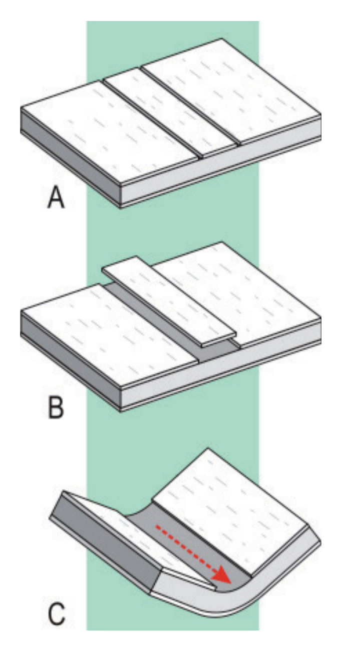


Fig. 264. Método para doblar una plancha de cartón pluma a favor de la fibra (los pequeños trazos indican la dirección de la fibra).

- *Curva con generatriz paralela a la fibra*
  En la secuencia de imágenes se expone el proceso más común (fig. 264). En esta ilustración, los pequeños trazos sobre la plancha indican la dirección de la fibra, al igual que la flecha en la zona del poliestireno, que no ofrece resistencia a la flexión.

  A. Se marcan las líneas que establecen la longitud aproximada de la curva y se corta sólo la cubierta opuesta a la curvatura.
  B. Al eliminar la banda de esta cubierta, no habrá un material (la cartulina) que se resista a la presión del doblado.
  C. Se curva la plancha directamente o apoyándose en un cilindro sólido que sirva como molde. Si se quiere mantener la posición, se puede adherir una banda de papel a la cara interna para que actúe como tensor.

- *Curva con generatriz perpendicular a la fibra*
  Pretender curvar una plancha con la generatriz perpendicular a la fibra es un riesgo cuyo resultado suele ser, en la mayoría de los casos, una superficie de aspecto quebradizo. Por lo tanto, será mejor actuar con precaución y seguir los pasos que se indican en las ilustraciones (fig. 265).

  A. En primer lugar se debe pensar en la amplitud de la curvatura para trazar las líneas que la limiten, tras lo cual se corta la cubierta y el poliestireno sin alcanzar ni dañar la cubierta opuesta, que será la superficie curva continua. Se elimina tanto la cubierta como la porción determinada de poliestireno.
  B. A partir de un trozo de cartón pluma del mismo espesor que el utilizado, se prepara un trozo de poliestireno de longitud y anchura equivalente al hueco dejado en la plancha inicial, quitando ambas cubiertas (1). Eso sí, la dirección de la fibra deberá ser, como en el caso anterior, perpendicular al sentido de giro de la curva (2).
  C. Después de aplicar adhesivo en las superficies a unir, se aloja la nueva pieza de poliestireno en el hueco de la plancha inicial.
  D. Finalmente se puede doblar la plancha de la misma forma que ya se ha visto antes.

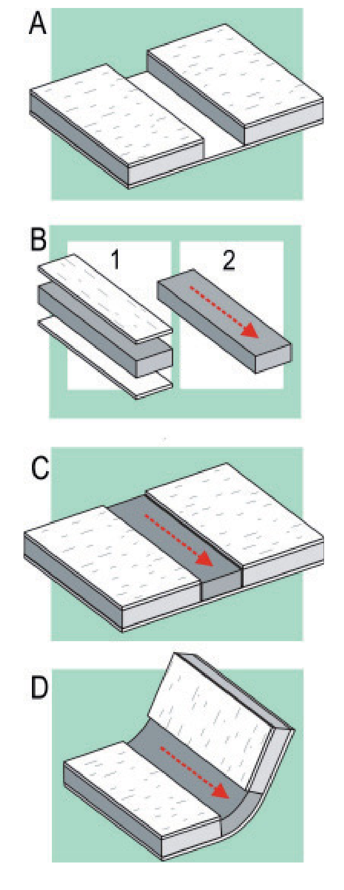
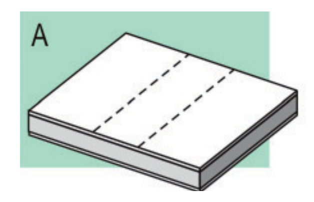


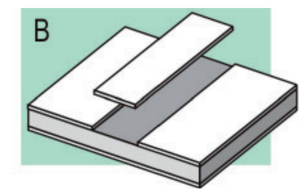
Fig. 265. Dos maneras de realizar una esquina exterior en curva para mantener visible también la esquina interior.

Entalladuras y diferencias de nivel

Las superficies para recrear formas en los modelos y maquetas no siempre son lisas y uniformes. A veces se presenta el dilema de tener que representar una hendidura o más en la misma plancha de cartón pluma porque la forma del objeto lo requiere. Las más usuales suelen ser planas, en «V» o curvadas (generalmente cóncavas), y la profundidad máxima estará casi siempre determinada por el espesor de la plancha, puesto que, en el caso de ser una entalladura muy profunda, es mejor utilizar distintas piezas para reproducirla siguiendo los principios básicos que ya se han explicado.

- *Entalladuras planas poco profundas*
  Si se necesita una entalladura muy poco profunda, basta con eliminar una zona de cubierta y dejar el poliestireno al descubierto (fig. 266). Otra opción consiste en lijar suavemente la zona de poliestireno.





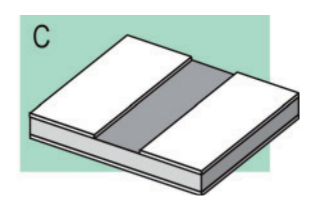


Fig. 266. Obtención de una entalladura poco profunda.

Pero si la profundidad tuviera que ser algo mayor, uno de los procedimientos posibles sería como se ilustra en la figura 267:

A. Se corta la zona que vaya a ser rebajada, tanto la cubierta como el poliestireno, sin alcanzar la cubierta opuesta, y se elimina la franja de cubierta cortada.
B. Se comprime la zona de poliestireno con una regla, un listón de madera u otro utensilio para que la presión sea lo más uniforme posible, o bien, emplear un abrasivo (lima o lija) hasta alcanzar la profundidad requerida.
C. No obstante, si se pretende que el poliestireno no quede al descubierto, se aplica la misma técnica, aunque sin eliminar la cubierta del cartón, como se aprecia en la imagen de la derecha.

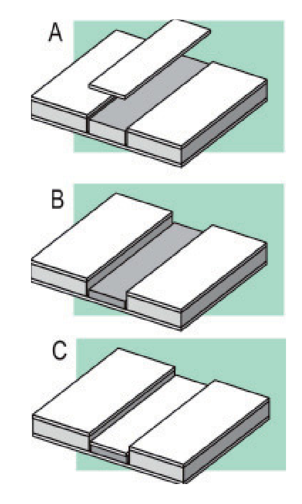


Fig. 267. Método para realizar una entalladura de profundida media.

- *Entalladuras planas profundas*
  Para acanaladuras de profundidad equivalente al espesor de la plancha se pueden seguir dos métodos. En el primer caso se procede así (fig. 268):

A. Se corta y elimina parte de la cubierta y todo el poliestireno correspondiente a la ranura, respetando la cubierta opuesta.
B. Para impedir la deformación o pliegues en la zona débil, se adhiere un trozo de cartón que mantenga la rigidez necesaria.

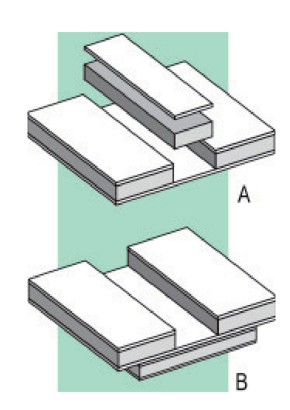


Fig. 268. Método para realizar una entalladura profunda utilizando la misma plancha de cartón pluma.

El otro método (fig. 269) aplica el mismo principio, pero empleando piezas sin pertenecer obligatoriamente a la misma plancha, de manera que resulta, incluso, más cómodo:

A. Se pega la primera pieza (X) sobre la plancha que servirá de soporte, se coloca un listón de anchura igual a la de la entalladura (Y) junto a dicha pieza y después se ajusta la otra (Z).
B. Se retira el listón (Y) tras haber adherido la otra pieza.

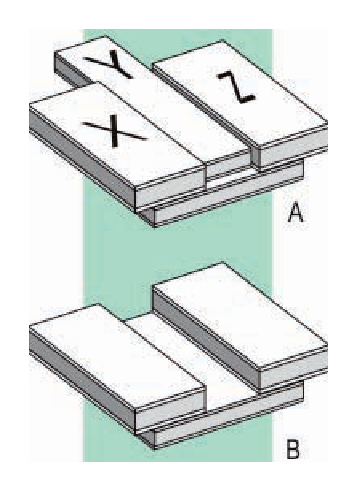
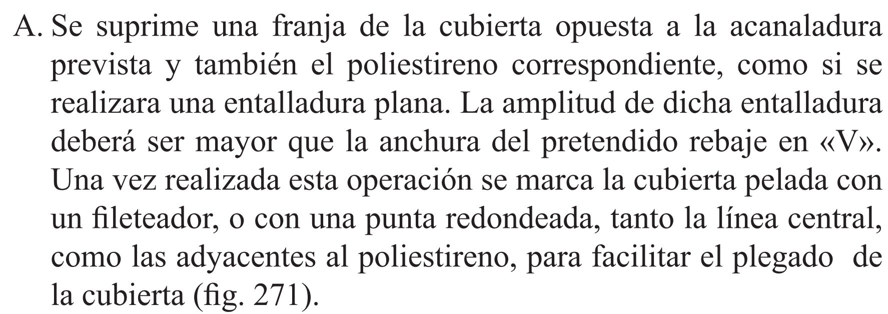


Fig. 269. Método para realizar una entalladura profunda utilizando trozos distintos de plancha de cartón pluma.

- *Acanaladuras en «V»*

Para los rebajes de este tipo, si se quieren dejar con el poliestireno a la vista, nos podemos remitir a las indicaciones que se daban en los apartados sobre esquinas en arista, pues el modo de proceder es similar. Sin embargo, puede darse el caso de que el canal en «V» deba estar cubierto, manteniendo la continuidad de la superficie de la cubierta. En tal caso, el procedimiento más adecuado sería tal como se ejemplifica en la figura 270.



A. Se suprime una franja de la cubierta opuesta a la acanaladura prevista y también el poliestireno correspondiente, como si se realizara una entalladura plana. La amplitud de dicha entalladura deberá ser mayor que la anchura del pretendido rebaje en «V». Una vez realizada esta operación se marca la cubierta pelada con un fileteador, o con una punta redondeada, tanto la línea central, como las adyacentes al poliestireno, para facilitar el plegado de la cubierta (fig. 271).
B. Se da la vuelta a la plancha y se provoca el plegado, tal como se ve en la imagen. Para fijarlo será suficiente adherir un trozo de cartón en la parte opuesta.

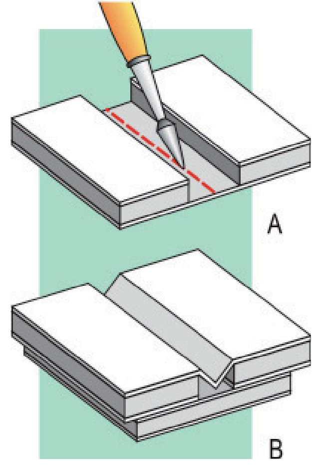


Fig. 270. Proceso para realizar una acanaladura en «V».

- *Acanaladuras cóncavas*

Como en el caso anterior, una acanaladura cóncava puede mostrar el poliestireno a la vista o se puede aprovechar una de las cubiertas para que exista la continuidad de la superficie. El primer método es muy simple (fig. 272): habiendo pelado sólo la banda de cubierta con la anchura necesaria, se presiona el poliestireno con ayuda de un marcador de punta redonda dando la forma deseada (A) o bien se lija con una lima curva o con una lija adaptada a un soporte cilíndrico (B).

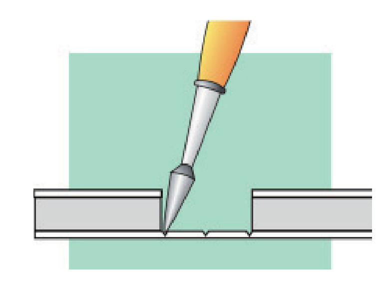


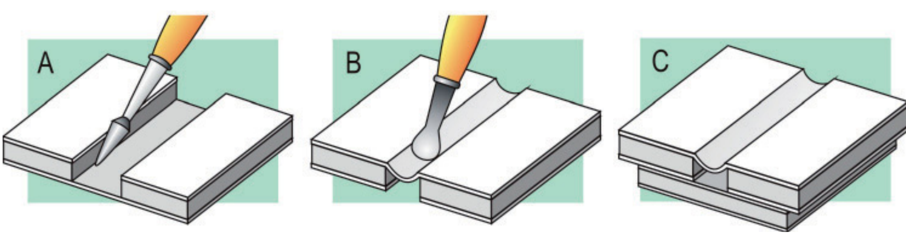
Fig. 271. Es conveniente marcar las líneas de pliegue con un marcador para asegurar la definición de las aristas.

El segundo método repite los pasos seguidos en la acanaladura cubierta en «V» descrita antes, pues consiste en empezar por practicar un rebaje plano en el lado opuesto al canal. El resto es así (fig. 273):



A. Con un fileteador se marcan sólo las líneas de unión entre el poliestireno y la cubierta inferior.
B. Se da la vuelta a la plancha de cartón pluma y se presiona con un marcador de bola a lo largo de la entalladura cóncava. Las líneas

marcadas con el fileteador quedarán como aristas a ambos lados del rebaje.
C. Una vez se haya conseguido la curvatura adecuada, se mantendrá fija pegando en la parte posterior un trozo de plancha o cartón.



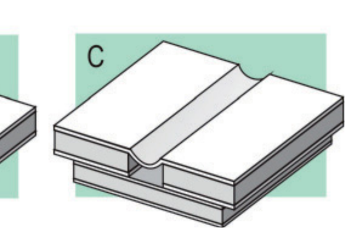


Fig. 273. Proceso para desarrollar una escotadura cóncava manteniendo la superficie de la cartulina.

Fig. 272. Dos maneras de elaborar una acanaladura cóncava en el poliestireno al aire: presionando con un marcador de bola (A) o con una lija curvada (B).

- *Escalones*

  Los escalonamientos y gradas más simples se hacen recortando las planchas y uniéndolas tal como se observa en la imagen (fig. 274-A). Si no se desea que el sesgo de la plancha muestre el poliestireno, se puede actuar dejando más amplia una franja de la cubierta superior de cada escalón para que al doblarla oculte la contrahuella de la grada (fig. 274-B).

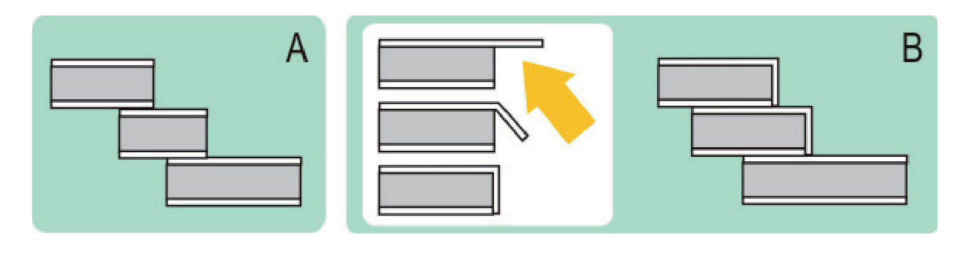


Fig. 274. Escalonamientos y gradas simples: con poliestireno a la vista (A) y con el poliestireno cubierto (B).

Con todo, el método que presenta un mejor acabado es el que veremos seguidamente (fig. 275).

A. Se hace un rebaje plano de anchura equivalente al espesor de la plancha (X) eliminando la cubierta y el poliestireno requeridos.
B. Se traza con un fileteador o similar las líneas de pliegue, que corresponderán a las aristas del escalón, tal como se ha visto en aplicaciones anteriores, y se fuerza la plancha para escalonarla.
C. Una vez colocada la plancha en la posición estudiada, se sujeta el escalón mediante una pieza de cartón pluma u otro material que se habrá de encolar por detrás.

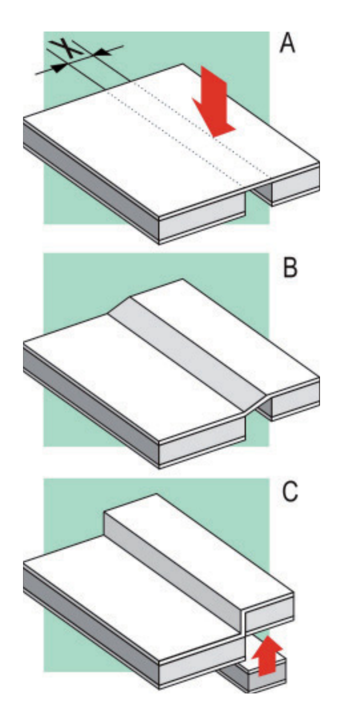


Fig. 275. Método para construir un escalón aprovechando una de las cubiertas de cartón pluma.

Para escalones más altos (de contrahuella mayor), el planteamiento es el mismo, aunque habrá que determinar una mayor anchura para la zona en la que se suprimirá el poliestireno, así como la colocación óptima de la

pieza que mantenga la posición (señalada mediante una flecha en la fig. 276-A). Cuando la grada deba tener la contrahuella ligeramente inclinada se podrán utilizar los mismos recursos, prestando atención sólo a la sujeción firme del elemento escalonado (fig. 276-B).

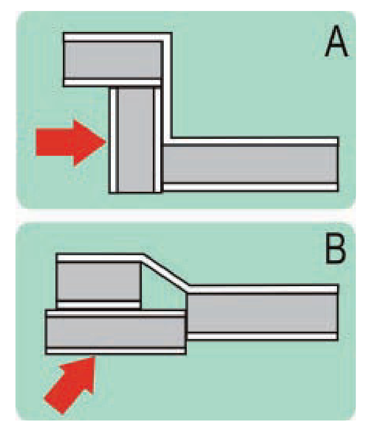


Fig. 276. Otros escalonamientos: de mayor altura (A) y con inclinación (B).

Huecos y ventanas

- *Perforaciones*
  Se puede practicar una perforación cilíndrica en una plancha con ayuda de un taladro e incluso con un sacabocados o cilindros metálicos con el borde afilado. En caso de utilizar un taladro para perforar habrá que conocer el diámetro para emplear la broca más conveniente (es mejor usar las que se utilizan para madera). La mayor precaución a tener en cuenta, aparte de no presionar demasiado fuerte, es la de apoyar la plancha sobre un tablero u otro material cuando el agujero sea pasante (fig. 277-A). Con esta acción, la broca perfora la cubierta inferior correctamente (fig. 277-B). De no hacerlo así, se corre el riesgo de que la broca produzca un desgarro al atravesar la plancha, como se esquematiza en la figura 277-C.

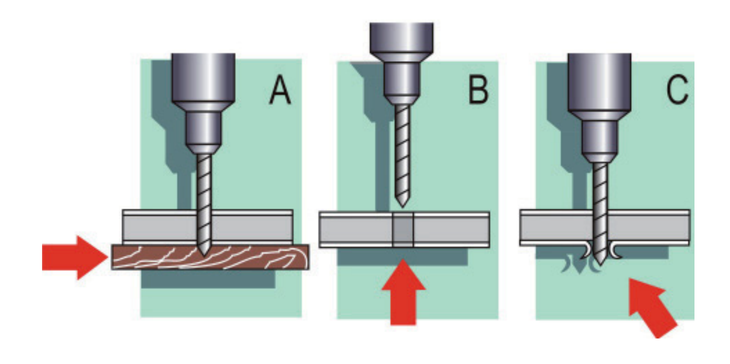


Fig. 277. El método más eficiente para taladrar una plancha de cartón requiere una tablilla debajo, para no desgarrarla (A). Esto se aplica a casi todos los materiales que se emplean en las maquetas.

  En muchas ocasiones el diseño precisa un hueco o una ventana. Según la necesidad se pueden aplicar métodos semejantes a los descritos en las entalladuras, aunque otras veces es preferible seguir otros procedimientos. Los que se muestran en este apartado son sólo ejemplos básicos a partir de los cuales se pueden desarrollar formas de todo tipo. Simplemente habrá que discernir el modo de proceder.

- *Ventana rectangular*
  Para recortar una ventana de este tipo es importante que la zona de las esquinas interiores tenga un corte limpio y evitar que el cúter se sobrepase en el trazado respecto a los ángulos dañando el cartón. Se debe iniciar siempre dibujando la forma requerida en ambas caras, como si una fuera la proyección ortogonal de la otra, pues los cortes se hacen por secuencias delante-detrás (fig. 278).

A. Se inician los cortes de los lados más largos partiendo del origen sin llegar al ángulo opuesto. Se corta también el poliestireno pero sin alcanzar la cubierta del otro lado.
B. Desde los ángulos opuestos se realiza el corte hasta juntarse con el final del corte anterior.
C. Ahora que ya están trazados los cortes longitudinales más largos se actúa de la misma manera que con los cortos. Desde los orígenes de los ángulos se efectúan los cortes que seguirán la línea marcada, incluyendo la cubierta superior y el poliestireno, pero no la cubierta inferior. Tampoco en esta ocasión se llega hasta el final de los lados (los ángulos opuestos del rectángulo).
D. Se terminan de cortar los lados menores siguiendo las mismas pautas que en el corte de los lados más largos.
E. Se le da la vuelta a la plancha y por la cubierta posterior, en donde se había dibujado la misma forma rectangular, se empieza a recortar desde los vértices hasta el final de los lados. Dado que sólo queda por cortar la cubierta, resulta más conveniente seguir el trazado tal como se indica, como si se tuviera que cortar simplemente una superficie de papel.
F. Finalmente se cortan los lados que faltan y se separa la pieza sin dificultad. El hueco rectangular queda así definido.

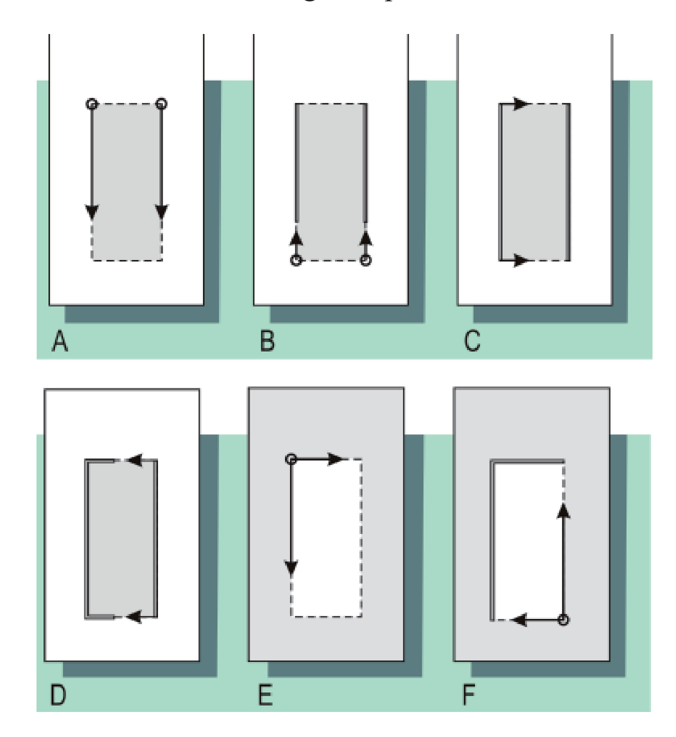


Fig. 278. Procedimiento para cortar una ventana en una plancha de cartón pluma.

Cualquier ventana de lados rectos mostrará siempre la zona de poliestireno y el espesor de las dos cubiertas en su interior (fig. 279). Esto no es ningún inconveniente a primera vista, aunque si se desea ocultar estas partes, se puede intentar actuar como cuando se pretende cubrir un canto, pero quizá el esfuerzo no valga la pena. En cuanto a otro tipo de aberturas, será suficiente con aplicar alguna de

las técnicas que hemos explicado y combinar otros recursos u otros materiales.

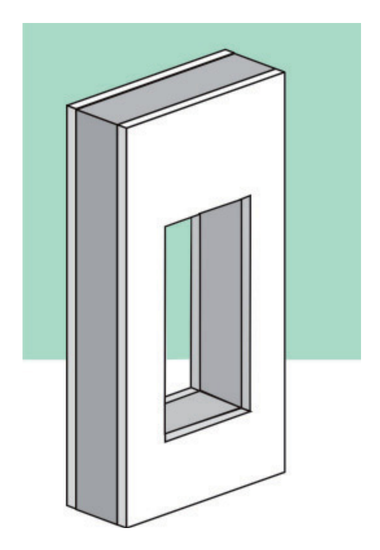


Fig. 279. Imagen de una ventana con el poliestireno a la vista. Cubrir o no las zonas vistas dependerá de la intención del artífice.

Superficies esféricas, cilindros y conos

Aunque el cartón pluma es más útil para desarrollar maquetas con formas y volúmenes prismáticos y a base de planos rectos, los especialistas en maquetas con este material son capaces de realizar formas de todo tipo, incluso figuras de revolución. Si bien esto es posible, no vale casi nunca la pena dedicar tanto tiempo a estas tareas complicadas, siendo preferible emplear materiales alternativos que se puedan pintar o forrar para darle el aspecto externo del cartón pluma.

A pesar de todo, mostraremos algunas imágenes que permitirán comprender cómo llevar a cabo experimentaciones de esta índole, sobre todo con el cilindro, ya que otras figuras son todavía más complicadas. El método general para realizar un cilindro comienza por tener que preparar las dimensiones del desarrollo del cilindro, tanto la medida de la altura como la longitud de la circunferencia de las bases (fig. 280).

A. Se recorta una superficie rectangular de longitud equivalente a $2\pi R$ más una porción extra que nos servirá para emplearla como pestaña de unión (X). La otra dimensión tendrá el valor de la altura del cilindro.
B. Una vez pelada la cubierta interior y la porción del poliestireno de lo que será pestaña, se comienza a flexionar la pieza, bien directamente o bien con ayuda de un cilindro que actúe como molde.
C. Cuando el cartón pluma ha cedido en la parte del poliestireno adoptando la forma cilíndrica, se aplica adhesivo en el canto del poliestireno y en la pestaña para mantener la unión.

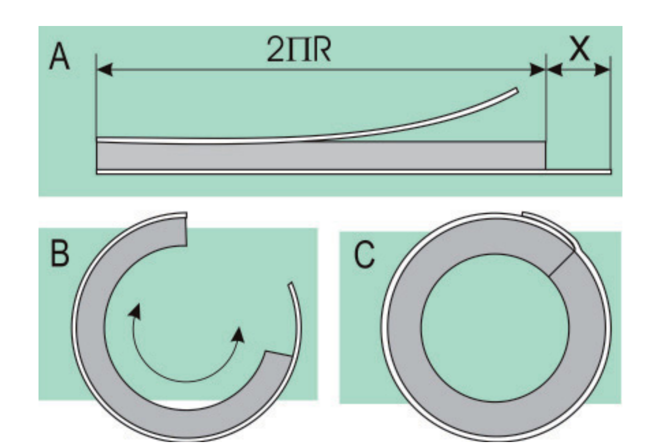


Fig. 280. Desarollo del cilindro para realizarlo con cartón pluma (A). La prolongación de una de las cubiertas (B) permite sujetar el cilindro (C).

Si se desea un acabado todavía más perfeccionista, es posible tratar de eliminar con precisión una franja de la cubierta exterior para poder alojar la prolongación de la otra cubierta que actúa como pestaña, tal

como se puede apreciar en esta ilustración (fig. 281-A). De este modo, la superficie del cilindro tendrá una mayor continuidad visual, sólo interrumpida por la inevitable línea de junta (fig. 281-B).

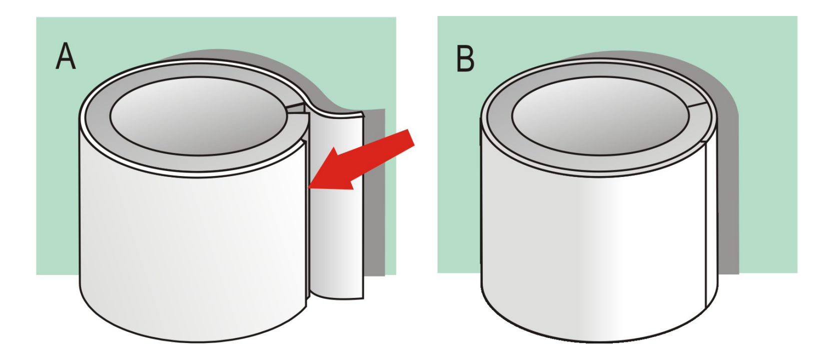


Fig. 281. Pelando una parte de la cubierta para alojar la pestaña de sujeción (A) se consigue una visión más neta del cilindro (B).

A menudo el cilindro debe ir cubierto por una tapa. En casos así podemos considerar varios tipos de tapa circular (fig. 282), pero lo más cómodo suele ser una superficie circular realizada con una de las cubiertas del cartón pluma o con una cartulina semejante (A). Las otras soluciones cuestan más de realizar, pues se emplea la propia plancha de cartón pluma que se debe cortar en forma circular. De menor a mayor dificultad, tenemos la tapa cilíndrica simple, que se encaja y deja ver el canto del cilindro (B), la tapa cilíndrica con ala, que encaja en el cilindro pero cubre el canto (C) y la tapa troncocónica, que sólo se emplea cuando el cilindro se ha realizado con bisel y de este modo se encajan a la perfección (D).

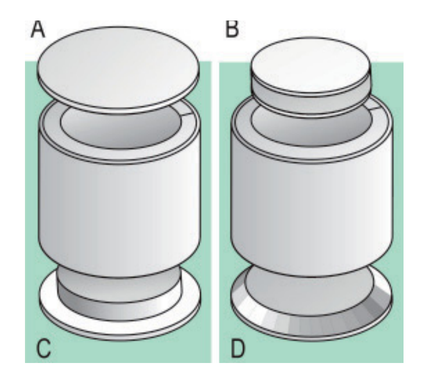


Fig. 282. Diferentes tapas para un cilindro de cartón pluma: tapa simple de cartulina (A), tapa simple de cartón pluma (B), tapa con ala (C) y tapa troncocónica.

B) *CARTONES CORRUGADOS*
http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=393&lg=

Trabajar con cartones de otros tipos y con cartulinas de distinto espesor no es más complicado que las técnicas que se han descrito para el cartón pluma y los métodos son muy parecidos. La ventaja del cartón ondulado o corrugado, que es el que se emplea para hacer cajas de embalaje común, es su mínimo coste, pues se puede recuperar de las cajas que se desechan en los comercios. Sólo hay que intentar evitar que las superficies impresas se vean después, ya que la imagen gráfica distorsionaría la forma del modelo realizado. Otra cuestión que hay que tener en cuenta es la relativa dureza y espesor de este material, porque no todos los embalajes son

iguales y, evidentemente, los cartones más gruesos son más difíciles de manipular.

La equivalencia de este material respecto al cartón pluma es su ligereza y resistencia, así como su estructura: consiste en un sándwich de cartón muy fino (las tapas) que alberga el cartón ondulado (fig. 283). Dado que su espesor puede oscilar entre 3 y 6 mm en los casos más comunes, los cortes se deben realizar haciendo pasar el cúter varias veces (fig. 284), pudiendo optar por cortar completamente la pieza o dejar una de las cubiertas sin cortar, bien para unirla con otras piezas o bien para tapar los propios cantos con pegamento (fig. 285). El pegamento adecuado depende del tipo de maqueta: si se trata de pequeñas piezas o si no se tiene necesidad de inmediatez, es aconsejable el pegamento transparente universal. Si, en cambio, se trata de un ejercicio de experimentación o de desarrollo de ideas, las barritas termofusibles aplicadas con pistola resultan muy útiles por la rapidez de unión en cualquier superficie, mediante cordones o puntos de pegamento. Otra opción, según las superficies de contacto, será la cinta adhesiva de doble cara. No son aconsejables, por otra parte, el cianoacrilato, la cola blanca o el pegamento de barra, unos por poca adherencia, otros por inadecuados y otros por lentos. El pegamento de contacto se aconseja sólamente en diseños que requieran la sujeción de planos sucesivos de grandes dimensiones para construir prototipos.

La desventaja en el uso de este cartón para realizar maquetas es que su presencia resulta algo tosca, si bien se puede pintar, preferiblemente, con pinturas al agua (acrílicas, témperas, etc.). En tal caso siempre conviene aplicar una capa de pintura blanca o selladora acrílica para que los colores destaquen, como vemos en esta maqueta de perchero (fig. 286). Las pinturas sintéticas no son aconsejables, y menos aún las brillantes, porque los resultados no son satisfactorios con materiales irregulares como éste, sobre todo en malas adaptaciones del cartón respecto a la forma del diseño (fig. 287). El cartón, como todos los materiales que se usan para expresar ideas tridimensionales, tiene limitaciones y a cada forma le corresponde una técnica y un material adecuados. Si no se hace caso de este sencillo principio, se pueden cometer graves errores como el ejemplo al que hacemos referencia.

Aparte de estas circunstancias, este tipo de cartón es un material idóneo para la experimentación y el desarrollo de modelos a escala reducida, pero también a escala natural, siendo también empleado para prototipos de muebles y otros objetos del entorno cotidiano. De hecho hay empresas que se dedican a la promoción y venta de este producto con un espíritu de aire juvenil y en sintonía con la preocupación por el medio ambiente.

Las imágenes que presentamos a continuación han de servir para comprender algunas de las posibilidades plásticas del cartón, con el que no

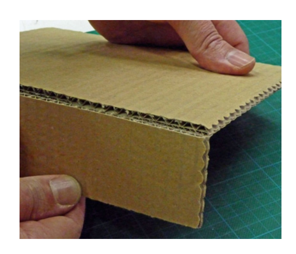


Fig. 283. El cartón corrugado o de embalar tiene unas propiedades mecánicas parecidas al cartón pluma.



Fig. 284. Como en todos los materiales con cierto espesor, el corte no debe ser realizado con un sólo trazado de cúter.

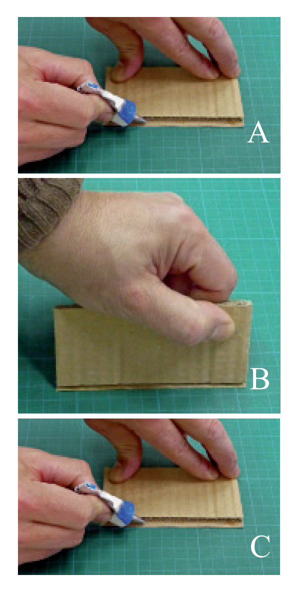


Fig. 285. Método para ocultar el canto del cartón mediante la prolongación de una de las cubiertas a la que se aplica pegamenteo (A) y luego se cubre pegándola sobre el canto (B y C).



Fig. 286. Maqueta de cartón corrugado pintada con témperas. Diseño de Ana Blasco (1999).

hace falta más que tener una cierta sensibilidad y dotes de observación. Mediante simples pliegues y poco pegamento, un pequeño módulo repetido configura la idea de un banco (fig. 288) o articula el espacio con planos que se equilibran unos con otros en un proceso de expresión conceptual a partir de la imagen de la silla como elemento de inspiración (figs. 289 y 290). Tomando el método de la seriación con módulos que se repiten, observamos este atril plegable de pruebas como estudio previo para un prototipo (fig. 291). Y verdaderos prototipos de cartón, elaborados bajo el concepto de extrusión, repitiendo y uniendo entre sí diferentes planchas recortadas son las numerosas formas que pueden servir como revistero (fig. 292), como asiento (fig. 293) e, incluso, como lámpara (fig. 294).





Fig. 287. La inadecuada utilización del cartón y una falta de metodología pueden ocasionar desastres como esta maqueta.



Fig. 288. Las ideas sencillas se pueden resolver con técnicas y materiales sencillos. Maqueta de banco modular. Diseño de Sara Fortea (2003).



Fig. 289. Silla conceptual. Diseño de Deborah Navarro (2006).



Fig. 290. Silla conceptual. Diseño de Alberto Cebrián (2004).

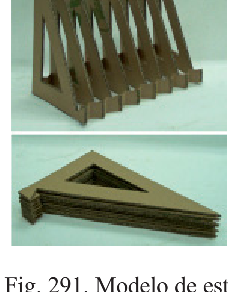


Fig. 291. Modelo de estudio para un atril plegable. Diseño de Sara Madrid (2007).



Fig. 292. Prototipo de revistero de cartón con dos posiciones. Diseño de Adrián Cuella (2005).



Fig. 293. Prototipo de banqueta de cartón. Diseño de M.ª Carmen Aznar (2006).

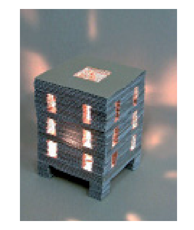


Fig. 294. Prototipo de lámpara de cartón. Diseño de Daniel Marín (2005).

Estos prototipos constituyen una de las bases de la producción de objetos de uso a la que hemos hecho refrencia antes, pero los objetos que han experimentado una mayor acogida son los que aplican los plegados y entrelazados de las planchas de cartón troqueladas con las formas que, como un embalaje, se juntan para producir productos sencillos, ligeros y económicos. Una de sus principales virtudes es la facilidad de montaje; una de sus principales dificultades, saber utilizar las propiedades físicas para que resistan peso y tensiones mecánicas. Los objetos se convierten, gracias al cartón y sus características particulares, en un taburete desmontable y transportable que no requiere pegamento (fig. 295); en un colgador de pared, que mezcla dos colores



Fig. 295. Prototipo de taburete de cartón. Diseño de Cristina Bermejo (2006).

de distintos cartones y texturas de manera elegante (fig. 296); en una silla resistente y desmontable para su almacenamiento (fig. 297); en fin, en múltiples objetos que mantienen la crudeza visual del cartón como seña de identidad.



Fig. 296. Prototipo de colgador de pared realizado con cartón. Diseño de Raquel González (2006).

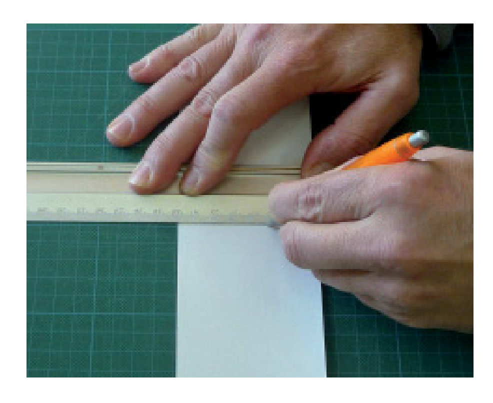


Fig. 297. Silla desmontable de cartón. Diseño de Carlos Juárez (2006).

C) *CARTULINAS Y CARTONCILLO*
http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=394&lg=

http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=395&lg=

La cartulina y los productos con propiedades equivalentes son, quizá, lo más conocido y que casi no requiere explicaciones sobre su manipulación, más aún cuando también se pueden aplicar algunas de las técnicas anteriormente citadas. No obstante hay que insistir sobre una cuestión importante: a la hora de doblar o plegar la cartulina, es fundamental marcar esa línea con un marcador o con un bolígrafo sin tinta (fig. 298), pues de no hacerlo así, el plegado será quebradizo y puede que no siga la línea deseada.



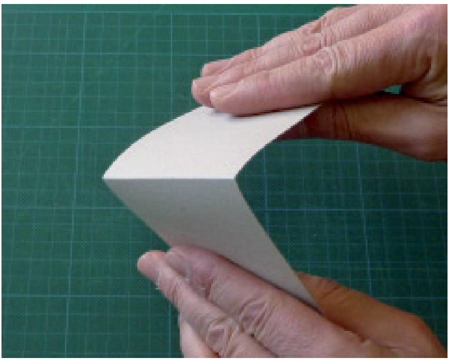
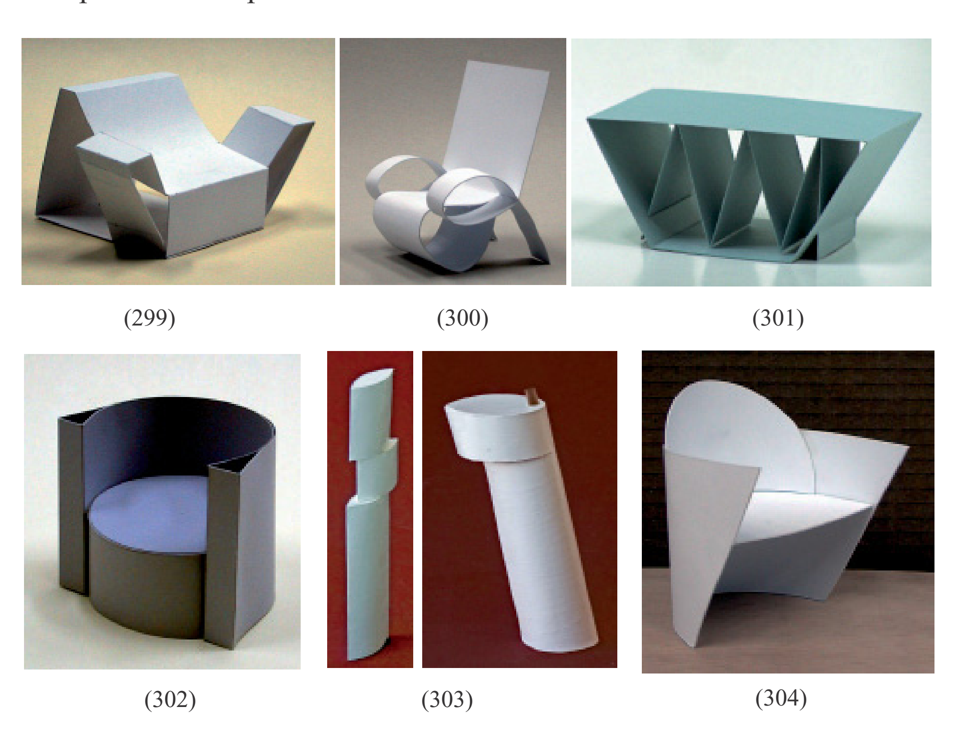


Fig. 298. Aunque parezca obvio, antes de plegar una cartulina hay que forzar la línea con un marcador o un bolígrafo sin tinta (A). De esta manera, el pliegue es más amplio (B).

Estos materiales se emplean casi siempre para desarrollar bocetos e ideas rápidas, pero también para experimentar el comportamiento de las formas en el espacio. Sólo hay que tratar de conocer las múltiples posibilidades que las cartulinas ofrecen, tal como advertimos en las infinitas variedades de cajas y pequeños embalajes que forman parte de la industria de los contenedores de productos.

Como material para el diseño, sus posibilidades de expresión tridimensional pueder, ir desde conceptos muy sencillos hasta otros más complejos, desde realizar las maquetas con una sola pieza recortada, plegada o doblada (figs. 299 y 300) hasta utilizar dos o más recortes entrelazados o encolados (figs. 301 y 302), pero siempre buscando la unidad del conjunto. Asimismo, los conceptos pueden perseguir volúmenes cerrados (fig. 303) o composiciones abiertas (figs. 304). Todo estará en función de la inventiva y de la capacidad de experimentación del diseñador.



(299) (300) (301)

(302) (303) (304)

Fig. 299. Modelo de sillón realizado con una sola pieza de cartulina. Diseño de Leandro Olivares (2003).

Fig. 300. Modelo de sillón realizado con una sola pieza de cartulina. Diseño de Raúl Navarro (2004).

Fig. 301. Modelo de mesa-revistero realizado con dos piezas distintas de cartulina. Diseño de Silvia Moreno (2006).

Fig. 302. Modelo de sillón realizado con dos piezas distintas de cartulina. Diseño de José Escrig (2003).

Fig. 303. Dos maquetas de estudio para un diseño de fuente pública para beber. Diseños de Jesús Brisach (1999).

Fig. 304. Composición de planos para configurar una butaca. Diseño de Nicolás Oliva (2003).

Recomendamos, una vez más, la importancia de las formas de la naturaleza como fuente de inspiración para desarrollar algunas ideas, pues si miramos de cerca cómo se pliegan y mantienen las hojas de muchas plantas, por ejemplo, captaremos mejor la esencia misma de su atractivo visual y su resistencia física (fig. 305).



Fig. 305. La hoja de palma presenta unos pliegues que le dan resistencia y potencian la forma de abanico.

En cuanto a otras posibilidades de manipulación, tanto de la cartulina como del cartoncillo, hay que destacar la técnica para realizar aristas curvas, produciendo pliegues cónicos. Este método, poco conocido entre los principiantes queda descrito gráficamente en la sucesión de las imágenes que explican un ejemplo a partir del círculo (fig. 306).

A. Con un compás cúter se corta un círculo de cartoncillo.
B. Se practica un corte hasta el centro.
C. Este corte nos ofrece la posibilidad de realizar una figura cónica de mayor o menor base.
D. Sobre el mismo círculo realizamos una ligera incisión con un radio menor, o lo marcamos con un compás al que se le adapta un bolígrafo sin tinta.
E. Esta incisión o trazado del marcador permite plegar la cartulina con una arista curva, en este caso, concéntrica.
F. Si se cierra más o menos obtenemos de un lado la imagen de un tronco de cono y un cono invertido.

G. Dándole la vuelta, obtenemos la figura inversa.
H. Aplicamos nuevamente la técnica de marcar una nueva arista con radio menor.
I. Al plegar de nuevo, obtenemos una nueva figura.

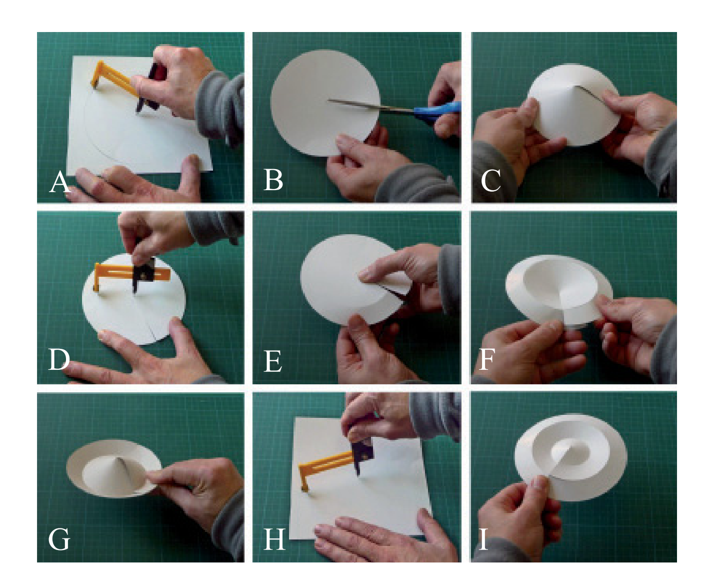


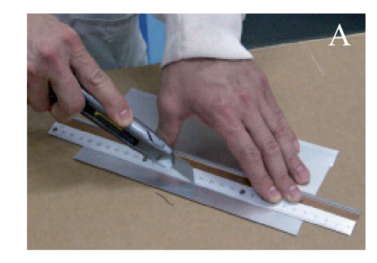
Fig. 306. Método para realizar aristas curvas, aplicado a un círculo de cartoncillo.

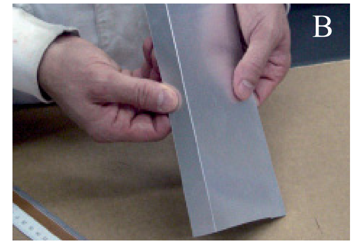
Respecto a los pegamentos más apropiados, cuando son necesarios, es aconsejable emplear el pegamento transparente universal o la cinta adhesiva de doble cara, también transparente. No son útiles los adhesivos de contacto ni los cianoacrilatos, pero menos aún aquellos que generan volumen, como las barritas termofusibles. Tampoco es adecuado el pegamento de barra, porque no sujeta lo suficiente, y en el caso de la cola blanca habrá que tener precaución porque arruga la cartulina si se aplica en exceso.

D) *CHAPA METÁLICA*

Algunas chapas metálicas finas, generalmente de aluminio, se pueden cortar con tijeras o cúter y pueden doblarse o plegarse con facilidad. La técnica para realizar plegados y esquinas es semejante a la que se emplea con las cartulinas, aunque con una diferencia importante: si se fuerza el pliegue o se vuelve a la posición plana original, se puede romper como si se hubiera cortado. De hecho, para cortar estas láminas con cúter se procede como se muestra en las imágenes de la figura 307:

A. Se traza la línea de corte con el cúter de dos a tres veces sin intentar atravesar la chapa, pues se podría deformar.
B. Se pliega la chapa por la línea que se ha trazado con el cúter.
C. Se despliega la chapa y se vuelve a plegar hasta que se separe por la línea de corte.





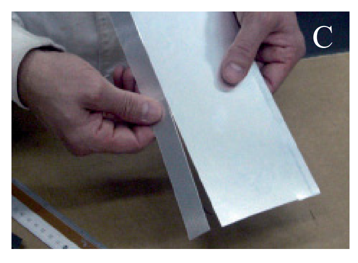


Fig. 307. Método para cortar en línea recta las chapas metálicas finas haciendo pasar el cúter (A), plegado en un sentido (B) y volviendo a su origen las veces que haga falta hasta que se separe (C).

El mismo procedimiento, pero trazando la línea con el cúter una sola vez, permite el plegado en esquina recta. Sólo cuando es necesario

plegar perfiles planos o tiras no muy anchas de metal se puede utilizar un tornillo de banco y realizar el plegado directamente cuidando la perpendicularidad mediante el uso de una escuadra (fig. 308-A) antes de forzar el plegado apoyándose con un taco de madera (fig. 308-B). Las esquinas curvas se generan apoyando la plancha sobre una varilla o tubo de diámetro equivalente a la curvatura prevista, que actuará de molde (fig. 309).





Fig. 308. Método para realizar una esquina curva con ayuda de un molde o un canto curvo.





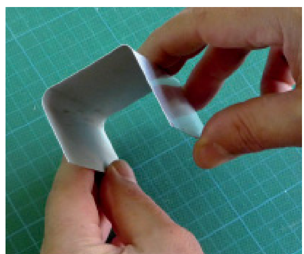
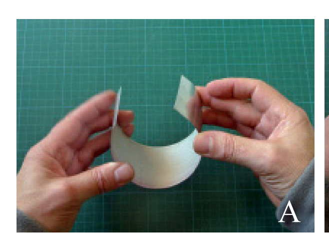


Fig. 309. Procedimiento para realizar pliegues curvos mediante el uso de varillas o tubos de distinto diámetro sobre una plancha metálica.

Una de las ventajas de este material rígido, pero maleable, frente a las cartulinas es que una lámina metálica plegada mantiene su posición sin necesidad de utilizar adhesivo (fig. 310). Otra cualidad del metal es la inmediatez a la hora de trabajar y, también, su aspecto visual, que no requiere pintura u otro tratamiento, salvo que se especifique lo contrario. Ahora bien, el metal tiene la desventaja de estar más limitado en cuanto al adhesivo o sistema de unión que se debe emplear en cada momento. Cuando hace falta la unión entre chapas metálicas o con otros materiales en láminas o placas (cartulina, acetato, plástico, etc.), el producto más eficaz suele ser la cinta adhesiva de doble cara. Por ejemplo, si pretendemos realizar un cilindro de chapa metálica (fig. 311), primero curvamos la chapa habiendo calculado la longitud para el diámetro determinado previamente (A); luego colocamos una tira de cinta adhesiva de doble cara en la zona de unión (B) y unimos los extremos (C). La unión será muy resistente.



Fig. 310. La lámina metálica de aluminio de poco espesor se maneja casi igual que la cartulina, pero mantiene mejor la forma. Maqueta preliminar de un revistero con ruedas. Diseño de Miriam Arandes (2004).



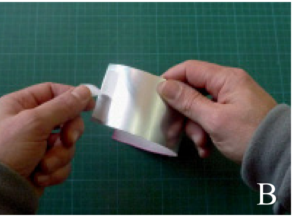




Fig. 311. Método para realizar un cilindro de chapa metálica. Previamente se habrá curvado sobre un tubo rígido, siguiendo el mismo proceso que el que se emplea para los pliegues curvos.

Las chapas metálicas pueden sustituirse en alguna ocasión por mallas metálicas de grano fino, que se pueden trabajar de forma muy parecida, pero con una imagen visual diferente (fig. 312). Sólo hay que tener la precaución de recortar bien los extremos para que no pinchen, o emplear elementos que oculten o integren las terminaciones (fig. 313).

Por lo general, las maquetas realizadas con las láminas metálicas parten del plano como elemento de composición y estructura del diseño, puesto que este material no tiene tantas posibilidades de manipulación como otros más blandos. En relación a esto, muchos modelos conceptuales buscan, precisamente, esa calidad de dureza y aparente rigidez para procurar un aspecto minimalista. Unas veces combinan materiales distintos con chapas más cálidas, como el latón (fig. 314); otras, mantienen su espíritu neutro haciendo uso del plástico transparente (fig. 315); y otras sirven para generar sensaciones más dinámicas al mezclarse con otros materiales e integrando los colores (figs. 316 y 317).





Fig. 312. Dos maquetas de banco para exteriores realizadas con malla metálica. Diseños de M.ª Zuqueca Romo (2005).



Fig. 313. Maqueta de mecedora realizada con malla metálica, cuyos extremos quedan ocultos bajo el perfil metálico. Diseño de Pascual Vidal (2006).



Fig. 314. Maqueta realizada con lámina de latón y varillas de aluminio. Diseño de Raquel Ramos (2003).



Fig. 315. Maqueta de estantería realizada con lámina de aluminio y placas de policarbonto transparente. Diseño de Pablo Gastón (2006).

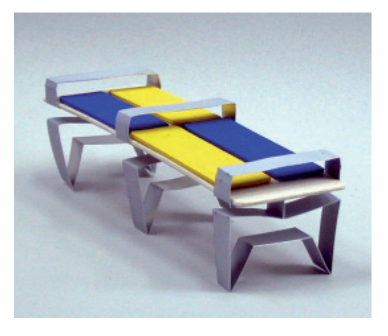


Fig. 316. Maqueta de asiento colectivo realizada con lámina de aluminio y madera de balsa coloreada. Diseño de Pilar Escribano (2005).

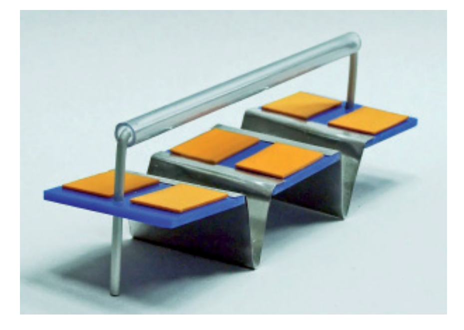


Fig. 317. Maqueta realizada con lámina de aluminio, varillas de aluminio, tubo de plástico y EVA. Diseño de M.ª José Palencia (2005).

Además de poder desarrollar maquetas, las láminas metálicas son útiles para elaborar modelos a escala real de algunos productos, facilitando el estudio de las formas antes de proceder a modelos más definidos o prototipos, como este ejemplo de revistero geométrico con bandeja extraíble (fig. 318) o esta lámpara de formas más libres (319). Cuando la plancha de metal es de mayor espesor, entonces se puede construir directamente un prototipo, como este atril de una sola chapa troquelada (fig. 320).

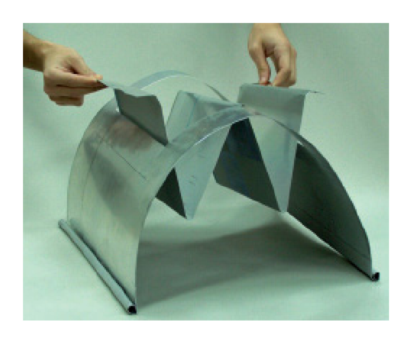


Fig. 318. Modelo de estudio a escala natural de un revistero. Diseño de Miguel Ángel Huerta (2007).



Fig. 319. Modelo de estudio a escala natural de una lámpara de sobremesa. Diseño de Delia Sorribes (2007).

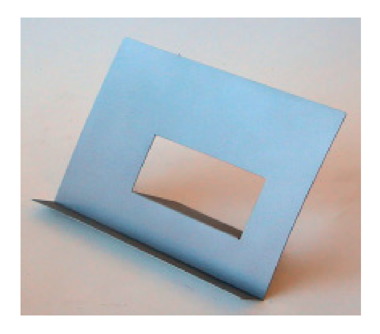


Fig. 320. Prototipo de atril de sobremesa realizado a partir de una única plancha de metal. Diseño de Mirian Espurz (2003).

E) *PLANCHAS DE TERMOPLÁSTICOS*
http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=397&lg=

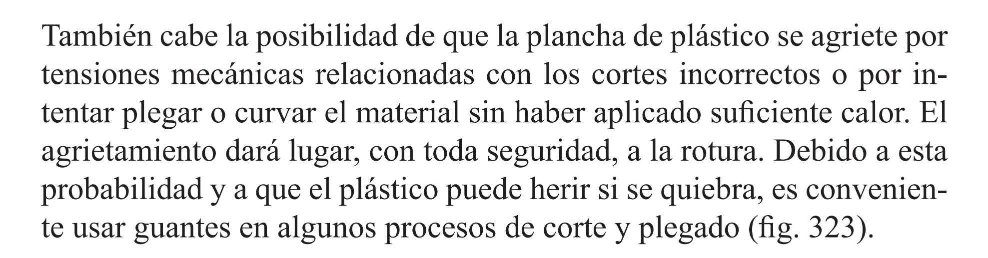
Los materiales termoplásticos tienen la capacidad de ablandarse con el calor y vuelven a endurecerse cuando se restituyen a la temperatura ambiente. Hay muchos más datos y variedades de plásticos de esta categoría, pero lo que nos interesa es cómo hacer uso de ellos para realizar modelos y maquetas. Podemos encontrar metacrilato, policarbonato, ABS, polietileno, etc., y todos pueden servir para formar parte de una maqueta. Por eso, a lo largo de las siguientes explicaciones no se harán distinciones entre los plásticos citados, excepto para citar algunos datos de interés.

Características generales

En pocas ocasiones las maquetas para el diseño de productos se realizan únicamente con este material, entre otras cosas, por su dificultad de manipulación. Las planchas de termoplástico se pueden trabajar mecánicamente con las herramientas habituales que se usan para los metales. Se puede cortar, perforar y lijar; sometiendo el plástico al calor se puede doblar o plegar, pero también se puede resquebrajar y romper con una acción incorrecta o por accidente; es sensible a los productos químicos y se puede erosionar.

En los comercios se vende en planchas de varios espesores y tamaños, y en forma de varillas, tubos y perfiles variados. Las planchas, transparentes o de color, están protegidas por una película plástica de polietileno que cubre las dos caras, con el fin de evitar arañazos durante su transporte y manipulación. Sólo es conveniente quitar esta lámina en aquellos casos que dificulte el manejo cuando se está elaborando un modelo, teniendo cuidado entonces de no rayar las superficies. Para trabajos de expresión tridimensional, es recomendable utilizar planchas de 3 mm de espesor como máximo, ya que con mayor espesor los procesos son más complicados y difíciles.

Para doblar o moldear estos plásticos es necesario calentarlo previamente a una temperatura que lo haga maleable sin llegar a ablandarlo en exceso. La temperatura ideal depende del tipo de plástico que consigamos y la experiencia nos enseñará el momento más adecuado para trabajarlo. En ciertos casos, antes de calentar el plástico puede ser necesario eliminar la película protectora, pues cabe la posibilidad de que se derrita y se pegue a la plancha estropeándola. A modo de orientación, en la tabla de la figura 321 se muestran unos valores de temperaturas para moldear diferentes plásticos.



MATERIAL	TEMPERATURA MÍNIMA	TEMPERATURA MÁXIMA
METACRILATO	160ºC	180ºC
ABS	125ºC	180ºC
POLICARBONATO	200ºC	250ºC
POLIETILENO	160ºC	220ºC

Fig. 321. Tabla con valores de temperatura para poder moldear distintos plásticos.

Problemas y precauciones



Fig. 322. La pistola de aire caliente (no un secador) puede proporcionar el calor necesario al termoplástico para ablandarlo.

Aunque los termoplásticos son rígidos y duros a temperatura ambiente, debemos tener en cuenta algunas peculiaridades del material durante su manipulación para evitar problemas. Se trata de un material inflamable que, además, se mancha con la llama, motivo por el cual, cuando se aplica calor sobre la plancha, se hace con una pistola de aire caliente o decapadora (fig. 322), teniendo cuidado de no poner demasiada potencia ni demasiada temperatura de salida de aire, ni tampoco aproximar demasiado el aparato a la plancha. Una temperatura excesiva puede deformar la lámina, sobre todo en los cantos, ya que en esa zona se concentra más el calor. Además, podría quemar el termoplástico produciendo burbujas o arrugando la superficie. Las deformaciones surgen, también, cuando se ha calentado demasiada superficie de la plancha para realizar tan sólo un plegado sencillo de esquina o, simplemente, se realiza un mal plegado.

También cabe la posibilidad de que la plancha de plástico se agriete por tensiones mecánicas relacionadas con los cortes incorrectos o por intentar plegar o curvar el material sin haber aplicado suficiente calor. El agrietamiento dará lugar, con toda seguridad, a la rotura. Debido a esta probabilidad y a que el plástico puede herir si se quiebra, es conveniente usar guantes en algunos procesos de corte y plegado (fig. 323).

Otro inconveniente es el de la acción de determinados adhesivos o disolventes que dañan el plástico. No es recomendable utilizar, por ejemplo, el cianoacrilato en estas láminas, especialmente en las transparentes, porque blanquea la zona de contacto. Es preferible emplear pegamentos

transparentes específicos para cada plástico o, si no, se puede recurrir a la cinta adhesiva de doble cara que, por otra parte, permite reajustar las uniones en caso de error.

A pesar de las peculiaridades negativas de este material, las planchas de plástico tienen la ventaja de dejar pasar la luz, no sólo las translúcidas, sino también algunos plásticos opacos. Esta característica ofrece unas cualidades plásticas muy interesantes, como también ocurre con la transparencia. Pero, además, el hecho de que se pueda curvar y plegar quedando en la posición que se determine, con una buena resistencia mecánica, hace del plástico un material muy versátil para la ejecución de maquetas.

Cortar, pegar y taladrar

Como otros materiales en láminas finas, las planchas de plástico con un espesor máximo de 3 mm se pueden cortar con cúter aplicando la misma técnica que con el metal (fig. 323):

A. Se pasa el cúter varias veces por la línea de corte para forzar su separación porterior.
B. Colocando la lámina con la línea de corte en la arista de una madera o el canto de una mesa, se fuerza la pieza en voladizo.
C. El plástico cede a la presión y se separa por la zona más débil, es decir, el trazado del cúter.

Claro que esta técnica sólo se puede emplear para realizar cortes rectos, pues si necesitamos realizar un corte curvo tendremos que acudir a herramientas manuales, como la sierra de arco (fig. 324) o a máquinas que faciliten el trabajo, tanto para cortes rectos como curvos (fig. 325). Cuando se practican cortes con sierra mecánica, se suelen producir unas rebabas en la zona de corte debido al calentamiento por la fricción de la sierra que derrite ligeramente el material. Se puede optar por eliminar esta irregularidad raspando con una cuchilla y mucha precaución (fig. 326), o mediante lijas sobre un soporte rígido, como un taco de madera (fig. 327), o apoyando ligeramente la pieza sobre una lijadora mecánica (fig. 328).





Fig. 323. Método simple para cortes rectos en planchas de plástico con ayuda de un cúter. Los guantes en esta acción son imprescindibles.

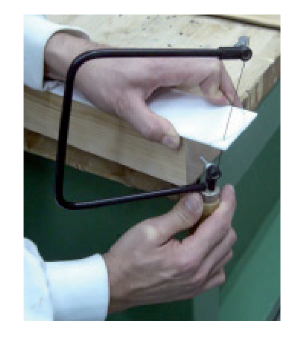


Fig. 324. La sierra de marquetería también es útil para cortar láminas finas de plástico.



Fig. 325. Si se tiene la opción de utilizar una sierra mecánica, cortar el plástico es una tarea más fácil siempre que se haga con cuidado.



Fig. 326. Limpieza de una rebaba del plástico con cúter.

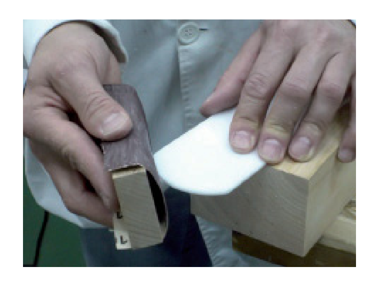


Fig. 327. Usar una lija a mano ayuda a igualar superficies y a eliminar las posibles rebabas después de un corte irregular.



Fig. 328. Las lijadoras eléctricas se deben usar con mucho cuidado para evitar quemar plástico.

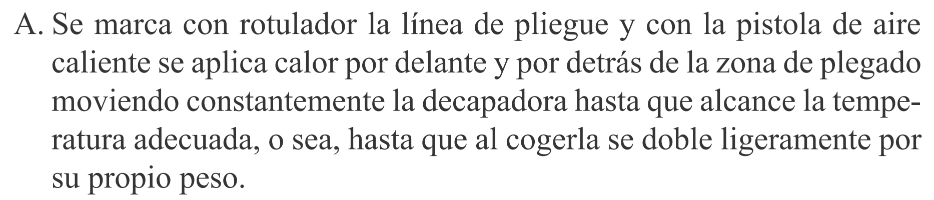
En este último caso, no obstante, hay que procurar no apretar la pieza de plástico sobre la banda de lija, ni mantenerla en contacto seguido, pues el roce sobrecalentaría el canto que pretendemos limpiar o ajustar, y el resultado sería una rebaba mayor. Con la lijadora eléctrica es mejor apoyar la pieza a intervalos de contacto muy breve hasta que el canto quede liso.

Otro proceso que requiere atención es el taladrado de las planchas, porque un exceso de presión de la broca o un falso movimiento puede quebrar la pieza. Para evitar que la broca resbale sobre el plástico es mejor aplicar un trozo de cinta de carrocero o de cinta adhesiva en donde se marca el punto de perforación (fig. 329). Esto servirá, además, para proteger el plástico mientras se taladra.

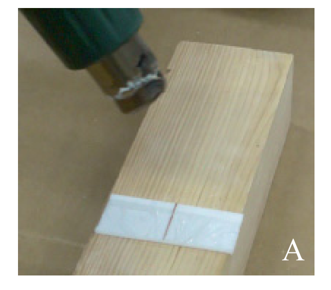


Fig. 329. Antes de taladrar hay que proteger la zona de perforación con cinta adhesiva y marcar el punto sobre ésta.

En cuanto al plegado o curvado de las planchas de plástico, el proceso resulta bastante sencillo, aunque no exento de alguna dificultad cuando hay que realizar varios pliegues. De todas formas, para la mayoría de los casos, se sigue el método que proponemos a continuación (fig. 330):



A. Se marca con rotulador la línea de pliegue y con la pistola de aire caliente se aplica calor por delante y por detrás de la zona de plegado moviendo constantemente la decapadora hasta que alcance la temperatura adecuada, o sea, hasta que al cogerla se doble ligeramente por su propio peso.
B. Se coloca la pieza entre dos tacos de madera lisa con la línea de pliegue entre las aristas.
C. Con un taco liso de madera o similar, se apoya poco a poco hasta formar el ángulo previsto (en este caso 90º). No hay que ser tampoco demasiado lento, pues el plástico se va enfriando y endureciendo. Si esto ocurriera, se podría rajar el plástico al forzarlo.
D. Una vez se ha enfriado, el plástico mantendrá la forma que le hayamos dado.



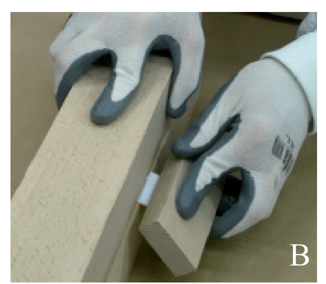






Fig. 330. Procedimiento para doblar en forma de esquina una lámina de termoplástico mediante calor.

Este método sirve para casi todas las maneras de doblar o plegar. Basta con cambiar los elementos que actúan de molde, pues si queremos hacer una curva cilíndrica necesitaremos un tubo del diámetro que necesitemos para doblar la pieza (fig. 331). A partir de aquí, la experimentación, los ensayos y errores serán la guía del conocimiento, siempre que se aplique el sentido común.

Diseños y maquetas de plástico

El plástico transparente, si no está teñido, tiene la desventaja de pasar casi inadvertido en algunas maquetas. Esto no es problemático cuando se emplean piezas planas para simular el cristal de un mueble; pero cuando se trata de un diseño en donde el efecto de material estructural es importante, la transparencia no permite percibir bien la forma y el diseño del objeto, excepto si se aprovecha la iluminación para contrastar su perfil, como ocurre en este diseño de revistero, que se puede apreciar gracias al complemento de las ruedas y a la luz sobre los cantos del plástico (fig. 332). En casos así, se recomiendan los plásticos transparentes de color, los esmerilados o los opacos, que se aprecian mejor, además de filtrar la luz (fig. 333).



Fig. 331. Después de aplicar calor, se puede curvar la pieza de plástico con el diámetro que sea necesario apoyándola sobre un tubo que actúe de molde.



Fig. 333. El plástico transparente tintado se aprecia mejor y produce sensaciones visuales de gran interés. Maqueta de banco articulado diseñado por Marta Lázaro (2005).



Fig. 332. Maqueta de revistero con ruedas. El plástico transparente puede pasar casi inadvertido. Diseño de M.ª Zuqueca Romo (2005).

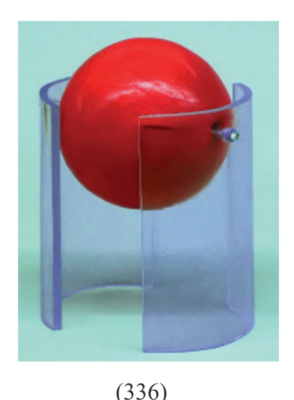
En la amplia gama de diseños que se pueden desarrollar con los plásticos proponemos un ejemplo de posibilidades dispares a partir de un mismo concepto funcional: un taburete. En las figuras 334, 335 y 336 vemos tres diseños muy dispares.



(334)



(335)



(336)

Fig. 334. Maqueta experimental de un taburete-mesilla-contendor. Diseño de Inazio Sotés (2004).

Fig. 335. Maqeuta de taburete-mesa-revistero. Diseño de Adrián Montañana (2004).

Fig. 336. Maqueta de taburete geométrico. Diseño de Beatriz Ibáñez (2004).

El primero se basa en una estructura de planos rectos que se interseccionan y se ha aprovechado un tubo para que constituya el cuerpo cilíndrico del taburete, que también es contenedor. El segundo rompe la tradicional forma de taburete para convertirse en un diseño elegante mediante un único plano plegado en zigzag. Una lámina de EVA sirve para acolchar el asiento y generar un hueco que sirve de revistero. En el tercer caso, se trata de un diseño muy geométrico en donde el asiento es una simulación de una esfera de espuma sujeta a las pareces semicilíndricas por

un eje metálico. Como podemos observar, las tres maquetas ofrecen un mismo planteamiento con expresiones tridimensionales muy diferentes, empleando otros colores u otros materiales, y si se combinan más materiales como elementos de expresión en el diseño, las posibilidades creativas son infinitas y enriquecen el lenguaje visual (fig. 337).



Fig. 337. Maqueta de asiento colectivo con distintos materiales. Diseño de Tania Juan (2005).

Plásticos alternativos

Cuando no se consiguen los plásticos necesarios, siempre queda la opción de usar plásticos sustitutos, como los acetatos, o la opción de aprovechar el material de algunos objetos desechados (botellas de plástico, bidones, restos de embalajes, etc.). Las láminas de acetato tienen las propiedades de transparencia equivalentes a los termoplásticos y la posibilidad de ser manipuladas como las cartulinas. En cambio, tienen el inconveniente de ser menos rígidas y, por lo tanto, sólo servirán en determinadas simulaciones, como por ejemplo una superficie plana o curva adherida a un elemento rígido, tal como vemos en esta maqueta de mueble auxiliar, en la que el acetato se mantiene firme al estar pegado a las varillas metálicas (fig. 338). Otro caso distinto es el de la recuperación del plástico en productos desechados, pues existen tantas formas y posibilidades, que no es difícil encontrar algún objeto que pueda aprovecharse, bien en forma de plancha a partir de un cubo recortado (fig. 339), o en forma cilíndrica (tubos, botellas, etc.), o en forma esférica (bolas de Navidad, pelotas de ping-pong, etc.) o en otras formas variadas.

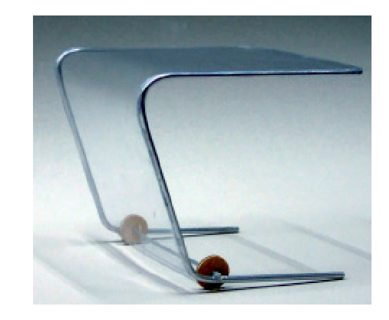


Fig. 338. Mqueta de Mueble auxiliar. Diseño de Lidia Martín (2003).

F) *MADERA DE BALSA*

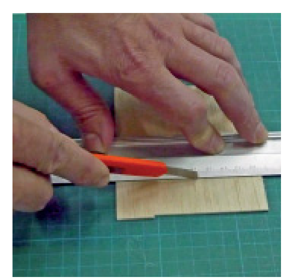
La madera de balsa proviene de un árbol peculiar, el balso, que crece en Centroamérica y algunos países sudamericanos. Esta madera es muy ligera y de muy baja densidad, lo que hace que pese menos, incluso, que el corcho. Esta singularidad convierte a la madera de balsa en un material idóneo para el aeromodelismo y para maquetas de construcción, sobre todo arquitectónicas. Aunque no es un producto barato, su fácil manipulación y lo elemental del utillaje hacen de la madera de balsa un material de maquetismo muy eficaz que se presta a la configuración de diseños de mobiliario de todo tipo. Se vende en tiendas especializadas de modelismo en planchas o listones finos desde 1 mm hasta 10 mm, y también en forma de varillas de distintos espesores.



Fig. 339. Modelo experimental de revistero realizado con el plástico de un cubo recortado. Diseño de Adrián Cuella (2003).

La madera de balsa se puede trabajar como la cartulina o el cartoncillo, cuando es muy fina, o como el cartón pluma, cuando su espesor sobrepasa los 3 mm. Se pueden hacer cortes rectos, con cúter, o curvos, con el compás adecuado, haciendo pasar la cuchilla cuantas veces sea necesario para no rasgar el material (fig 340). Se puede lijar fácilmente

y hasta se puede tallar como si se tratara de espuma de poliestireno. En algunos lugares de Sudamérica se realizan máscaras talladas directamente sobre la madera en bloque, pero en el mundo del diseño, la empresa Canon ha desarrollado diferentes modelos tridimensionales de cámaras fotográficas y productos afines con madera de balsa, tallándola a partir de planchas encoladas entre sí para después estudiar el volumen y manejo del objeto (fig. 341). Esto no es lo más habitual, ya que para la elaboración de modelos volumétricos, tal como veremos más adelante, es preferible y más económico trabajar con espumas rígidas.





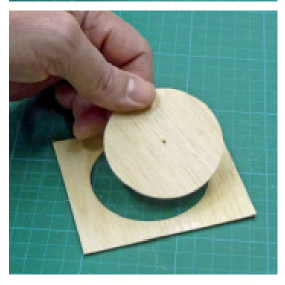


Fig. 340. Los procesos d ecorte de la madera de balsa con los mismos que los que se emplean con las cartulinas y el cartón pluma.

Como todos los materiales utilizados para la ejecución de maquetas, esta madera tiene inconvenientes y ventajas que habrá que aprovechar a nuestro favor. Entre los inconvenientes hay que destacar que se puede romper con cierta facilidad, sobre todo las planchas finas, se puede quebrar al cortar a contrafibra, se puede marcar y dañar la superficie por ser muy blanda, y no soporta bien algunas pinturas, ya que es un material muy poroso y absorbente. Entre las ventajas, la madera de balsa se puede doblar en seco o humedeciéndola y dejándola secar sujeta a una pieza que actúe de molde. Para ello hay que apreciar la dirección de la fibra, pues sólo permite doblarse en la dirección contraria a la de la fibra (fig. 342). Si se sobrepasa la tensión al curvar, se rompe con facilidad. Respecto a los pegamentos, la madera de balsa se puede encolar con pegamento universal transparente, con cola blanca o con un pegamento específico que existe en el mercado. Sin embargo, cuando se trata de unir una superficie de madera de balsa con plástico o metal, se puede utilizar la cinta adhesiva de doble cara.



Fig. 341. Modelo volumétrico de unos prismáticos realizados con madera de balsa. Canon Camera Museum (www.canon.com).

Las posibilidades de desarrollar maquetas con la madera son bastante amplias y los ejemplos que mostraremos a continuación servirán para descubir que la aplicación de algunas técnicas ya comentadas proporciona una rica variedad de expresiones tridimensionales. En principio, la madera de balsa sin tratar tiene un aspecto de madera clara que se puede aprovechar cuando la imagen del diseño lo permita (fig. 343). En láminas finas, tal como se ha dicho antes, la madera de balsa se mantiene curva si se adhiere a un cilindro de cartón, cubriéndolo, o si la lámina queda sujeta al encolarla a otros elementos, como, por ejemplo, los discos de contrachapado de la maqueta de la figura 344. Se trata de una técnica equivalente al forrado o chapado sobre formas cuya textura no interesa y le proporcionamos así una apariencia de madera (fig. 345).

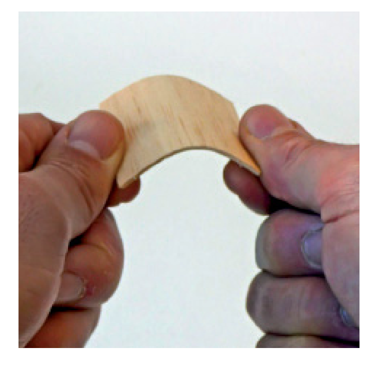


Fig. 342. Las láminas finas de madera de balsa se pueden curvar en direción perpendicular a la orientación de la fibra.

Como todos los diseños representados en maquetas, la imagen de los productos resulta más vistosa y, a veces, también más realista cuando se combina con otros materiales que imitan un elemento constituyente del objeto (un acolchado, las ruedas, unas patas metálicas, etc.). Por eso, a menudo hay que buscar otros materiales para adaptarlos con la intención de aportar más información visual de la idea que después se desarrollará: en la imagen de la figura 346, un taburete con bandeja se

construye con tablillas de madera de balsa y recortes de EVA rojo que actúan de acolchado. El prototipo realizado posteriormente conserva parte de esa apariencia, si bien se han realizado cambios sustanciales (fig. 347).





Fig. 344. La madera de balsa se mantiene curvada en esta maqueta gracias a las piezas de contrachapado superior, intermedio e inferior (los discos). Diseño de Ana Rodríguez (1999).

Fig. 345. Maqueta de mueble-bar realizado con chapa de madera curvada. Esta maqueta es una mejora de diseño y expresión tridimensional del anterior modelo. Diseño de Ana Rodríguez (1999).



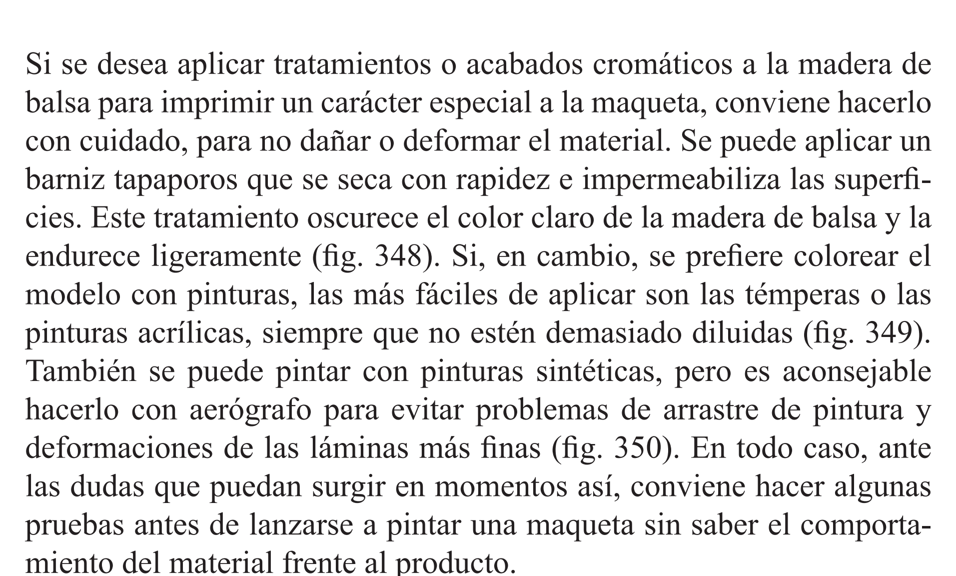
Fig. 343. La madera de balsa ofrece una apariencia que no requeire la aplicación de acabados de barniz o pintura, excepto si así se desea. Maqueta de estantería móvil. Diseño de Miguel Cervera (2000).



Fig. 346. Maqueta de un taburete con bandeja (madera de balsa y acolchado de EVA). Diseño de Christian Mengual (2005).



Fig. 347. Prototipo del taburete con bandeja (madera curvada y plancha de EVA). Diseño de Christian Mengual (2005).



Si se desea aplicar tratamientos o acabados cromáticos a la madera de balsa para imprimir un carácter especial a la maqueta, conviene hacerlo con cuidado, para no dañar o deformar el material. Se puede aplicar un barniz tapaporos que se seca con rapidez e impermeabiliza las superficies. Este tratamiento oscurece el color claro de la madera de balsa y la endurece ligeramente (fig. 348). Si, en cambio, se prefiere colorear el modelo con pinturas, las más fáciles de aplicar son las témperas o las pinturas acrílicas, siempre que no estén demasiado diluidas (fig. 349). También se puede pintar con pinturas sintéticas, pero es aconsejable hacerlo con aerógrafo para evitar problemas de arrastre de pintura y deformaciones de las láminas más finas (fig. 350). En todo caso, ante las dudas que puedan surgir en momentos así, conviene hacer algunas pruebas antes de lanzarse a pintar una maqueta sin saber el comportamiento del material frente al producto.





Fig. 348. Dos posiciones de una maqueta de mueble articulado polivalente (madera de balsa barnizada). Diseño de Isabel Campo (2001).

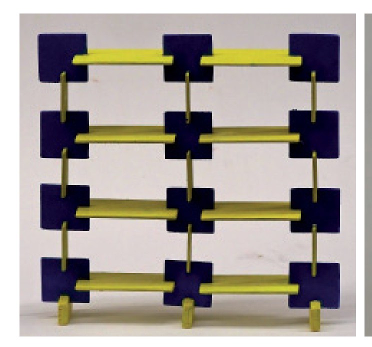




Fig. 349. Maqueta de una estantería-parabán coloreada con témperas. Diseño de Pilar Escribano (2006).

Fig. 350. Dos posiciones de una maqueta de mueble polivalente (madera de balsa pintada). Diseño de Juan Carlos Castillero (2002).

G) *CONTRACHAPADO*

El contrachapado es un producto bastante común y muy empleado para la construcción de maquetas creadas a partir de planos rectos, pues este material no se puede curvar. Se encuentra en planchas de distintos espesores, pero no son muy útiles los de más de 5 ó 6 mm, ya que son demasiado gruesos para realización de maquetas, más que nada por la dificultad de manipulación.

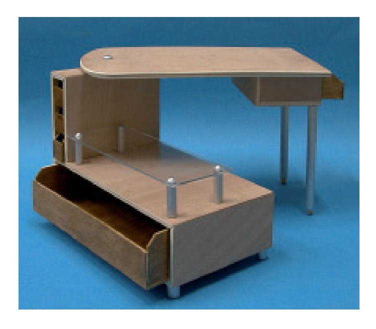


Fig. 351. Maqueta de una mesa de trabajo multifuncional. Diseño de José Manuel Tomás (2002).

El contrachapado está formado por chapas finas de madera encoladas entre sí hasta alcanzar el espesor requerido. Por eso, al cortar una de estas planchas se ve el canto laminado a capas. Las herramientas para trabajar este material son las mismas que las que se usan para la madera corriente, aunque para los cortes con sierra es mejor emplear las sierras de marquetería. La única precaución en este proceso, como en el de taladrado con brocas, es prestar atención para que la chapa inferior no se astille.

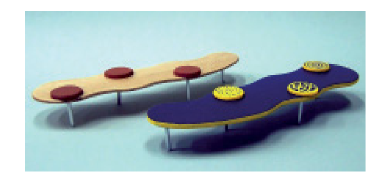


Fig. 352. Maqueta de asientos colectivos. Diseño de Marta Solá (2004).

Las maquetas de contrachapado pueden dejarse sin tratar, si no es necesario simular otros tratamientos superficiales (fig. 351). Este aspecto visual puede parecer algo crudo, por lo que si interesa barnizar o pintar, se puede utilizar cualquier pintura, sin temor a su deterioro, pues es bastante resistente (fig. 352). Aparte de esta ventaja, con este material se pueden desarrollar muchas formas recortadas y otras caladas, evitando de este modo la unión entre piezas (fig. 353). Por ejemplo, en esta maqueta de camarera, en vez de utilizar varillas o perfiles que se tuvieran que encolar, se han recortado las piezas laterales en forma de «H»; también, en el caso de este modelo de revistero, los huecos semicirculares se han calado y con sólo dos planchas de contrachapado se obtiene esta figura (fig. 354).



Fig. 353. Maqueta de camarera. Diseño de Christian Jiménez (2007).

En cuanto a los tipos de pegamento más apropiados para encolar este material, son válidos los usuales para las maderas: cola blanca, pegamento universal transparente, pegamento de contacto, etc., si bien habrá que saber con qué otros materiales se va a unir. Para las maquetas con madera y materiales afines (cartones, madera de balsa, cartón pluma) es preferible emplear el pegamento transparente universal o la cola blanca rápida, porque el pegamento de contacto requiere más tiempo para las



Fig. 354. Modelo a escala real de un revistero con calados en forma semicircular. Diseño de Lidia Martín (2003).

uniones. No son aconsejables, por ejemplo, el cianoacrilato ni el pegamento a base de barritas termofusibles. Cuando hay que unir piezas de contrachapado con plásticos o metales, se puede recurrir a la cinta de doble cara, si se trata de piezas planas, o, eventualmente, a pegamento epoxi de doble componente, que posee una gran fuerza adherente.

Con frecuencia no es necesario utilizar ningún adhesivo, si se estudia el método de unión: encajando mediante ranuras practicadas en las piezas se consigue sostener el conjunto de esta maqueta sin necesidad de pegamento (fig. 355). De igual manera, las varillas metálicas que se integran en estas maquetas, tanto del aparcabicis como de la mesita auxiliar, simplemente se encastran en las perforaciones de las piezas de contrachapado (figs. 356 y 357).

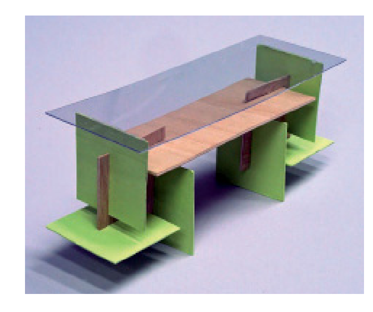


Fig. 355. Maqueta de mesa de estudio (contrachapado, cartón y plástico transparente). Diseño de Rebeca Luengo (2006).

H) *ESPUMA EVA*

La espuma o goma EVA (Etileno Acetato de Vinilo) debe su nombre a las siglas en inglés y se trata de un polímero termoplástico. Su uso en el campo de las maquetas es más reducido que otros productos, pero tiene algunas ventajas que lo hacen complemento ideal en muchas ocasiones, por su tacto y su aspecto. Este producto, que se presenta en muchos espesores, se puede cortar con cúter si no es muy grueso, pues de lo contrario, la zona de corte tendrá muchas irregularidades. En el caso de espesores superiores a 10 mm es conveniente cortarlo con sierra de cinta o de disco para que el corte sea limpio.



Fig. 356. Maqueta de aparcamiento de bicis doble (contrachapado, varilla de hierro y madera). Diseño de Marina Manllech (2004).

El principal problema de este material es su difícil lijado, que sólo se consigue con lijadoras mecánicas, no sin esfuerzo, y con resultados modestos. Por este motivo, no es un material adecuado para realizar determinados modelos en donde intervengan los volúmenes orgánicos, sino que es más apto para formas geométricas y superficies planas, rectas o curvas. No obstante, si se dispone de una fresadora de control numérico, las posibilidades de expresión pueden ser mayores, pero algo limitadas.



Fig. 357. Maqueta de mesa auxiliar (contrachapado, aluminio y plástico transparente). Diseño de Victoria Macián (2008).

Las láminas de EVA, cuando son de poco espesor, son muy flexibles y se pueden adaptar a muchas superficies adhiriéndolas, preferentemente, con pegamento de contacto. Así, la apariencia tosca de algunos materiales, como el cartón corrugado, puede estar oculta y captar la atención por las sensaciones de ligereza que expresa la espuma (fig. 358). Otras veces, la espuma se muestra como simulación de acolchado de distintos espesores en maquetas de asientos (figs. 359 y 360). En casos muy particulares, las propiedades de este material permiten realizar modelos realizados sólo con este producto: son diseños concebidos exclusivamente con EVA, tanto por sus propiedades de flexibilidad (fig. 361) como por su aspecto visual, tacto y colorido, llegando a ser un verdadero prototipo a escala real (fig. 362).

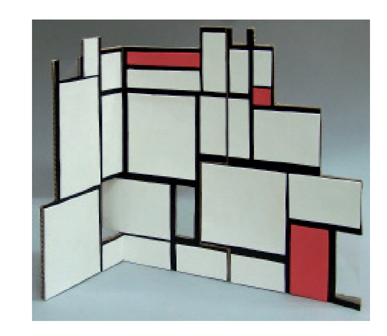


Fig. 358. Maqueta de separador de espacios articulado (cartón corrugado y EVA). Diseño de Frank García (2006).

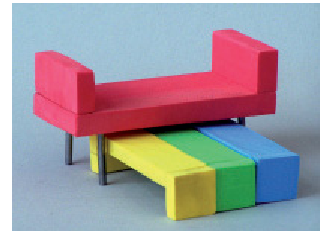



Fig. 359. Maqueta de asientos-mesillas modulares (contrachapado, madera y EVA). Diseño de Yéssica Planes (2005).

Fig. 360. Maqueta de banqueta con accesorios modulares. Diseño de Lidia Martín (2005).





Fig. 361. Maqueta de asiento flexible (EVA). Diseño de Víctor Roda (2005).

Fig. 362. Prototipo de reloj de pie construido con tiras gruesas de EVA. Diseño de María Siles (2007).

I) *ESPUMA DE POLIESTIRENO O DE POLIURETANO*

Cuando la sensación de acolchado en las maquetas de mobiliario requiere una forma más corpórea con superficies redondeadas, lo mejor es utilizar otro tipo de espumas rígidas, como el poliestireno o el poliuretano. Las propiedades mecánicas de ambos productos son semejantes en cuanto que se pueden tallar, lijar y dar formas volumétricas muy variadas, pero este es un tema que abordaremos con profundidad más adelante.

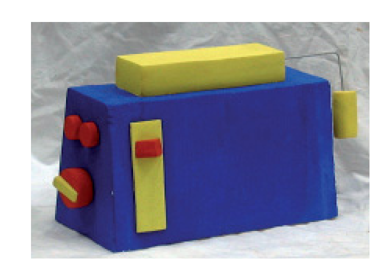


Fig. 363. Modelo volumétrico geométrico de tostadora (poliestireno extrusionado). Diseño de Tania Díez (2002).

En relación a sus prestaciones en el modelismo constructivo, estas espumas rígidas se pueden cortar con cúter, con sierra o con una sierra termoeléctrica para generar volúmenes geométricos con fines de estudio formal (fig. 363), si bien este material es más adecuado para otras formas en las que sea necesario redondear los cantos de una pieza con apariencia de volumen acolchado (fig. 364) o de volumen que simula un plástico rígido (fig. 365). Esto dependerá del tipo de pintura que se emplee, si es mate, satinada o brillante, y si el lijado superficial es más fino o más basto. También dependerá del tipo de espuma elegida para la simulación: la espuma de poliuretano no puede alcanzar el grado de finura de la espuma de poliestireno porque tiene muchas burbujas y menor densidad. En este caso, queda la opción de variar la calidad de la superficie con masilla cubriente estándar que, al lijarse con abrasivos finos, adquiere una textura muy lisa (fig. 366). Por el contrario, cuando se necesita una textura porosa para dar la sensación de ciertos tejidos utilizados en la tapicería, la espuma de poliuretano lijada y pintada directamente reproduce este efecto (fig. 367).

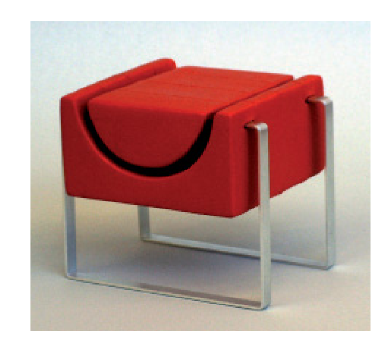


Fig. 364. Maqueta de taburete con espacio para revistero (poliestireno extrusionado y perfiles de aluminio). Diseño de M.ª Teresa Baldo (2005).

Estos productos son fáciles de encontrar no sólo en los comercios de materiales de construcción, o de resinas y plásticos, sino también como productos de desecho en ciertos embalajes, o como restos de algunos materiales de aislamiento.

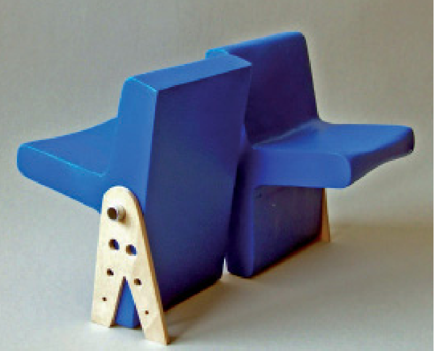



Fig. 365. Maqueta de asientos reversibles (poliestireno extrusionado y contrachapado). Diseño de Roberto Cortés (2003).

J) *MADERA Y SIMILARES*



Fig. 366. Maqueta de banco (poliestireno extrusionado masillado). Diseño de Águeda Granell (2001).

La madera en forma de tacos, planchas o varillas resulta útil para desarrollar algunas maquetas, aunque, por su dureza, sólo las varillas, cilíndricas o prismáticas, son realmente útiles. Con todo, en determinados planteamientos formales, si se trabaja con planchas no más gruesas de 6 mm, este material se puede manipular de la misma manera que el contrachapado: herramientas, abrasivos, pegamentos, tratamientos y encolados. De hacerse así, la simulación de la madera en un mueble puede ser más realista si la veta no está muy marcada (fig. 368). En forma de varillas, en cambio, las maquetas admiten una mayor variedad de uso, ya que sirven para emular patas de muebles, estructuras de estanterías y, si la imaginación está despierta, hasta puede ser la propia representación de un objeto articulado, como esta tumbona plegable para exteriores (fig. 369).



Fig. 367. Maqueta de diván (poliuretano y varillas de aluminio). Diseño de Ferrán Torla (2006).





Fig. 369. Maqueta de tumbona plegable realizada con varillas de madera. Diseño de Carolina Añíbarro (1998).

En forma de elementos volumétricos, la madera también se presta a ser un elemento de maquetas más corpóreas, pero, sobre todo, de modelos a escala real y prototipos, como podemos apreciar en estos dos prototipos de colgador de pared, compuestos por piezas geométricas pintadas con colores vivos a partir de una misma propuesta de diseño (figs. 370 y 371).



Fig. 368. Maqueta de mueble aparador realizado con listones de madera. Diseño de Francisco Pérez (2003).

Todo lo dicho respecto a la madera se puede aplicar a otro producto que se conoce como DM o MDF, que se fabrica como tableros aglomerados de diversos espesores. Está compuesto por fibras de madera aglutinadas con resinas sintéticas mediante fuerte presión y calor en seco, hasta alcanzar una densidad media. La ventaja de este material frente a la madera es que no tiene veta y su textura es lisa, pero su color marrón es demasiado neutro para la representación de algunas maquetas, con lo cual conviene casi siempre pintarlo o forrarlo con papeles impresos con texturas (figs. 372 y 373). El tablero DM, por lo tanto, se manipula como las maderas y contrachapados, pues sus propiedades son equivalentes.

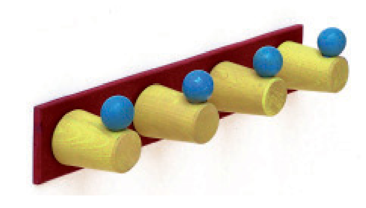


Fig. 370. Prototipo de percha de pared (madera). Diseño de José Ramón Barberá (2005).

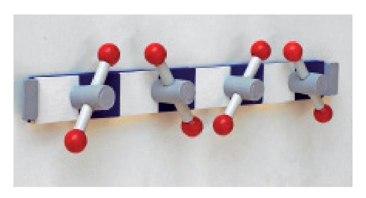


Fig. 371. Prototipo de colgador de pared (madera). Diseño de Pedro Cátedra (2005).

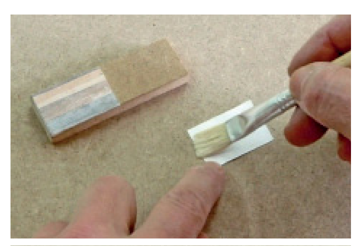




Fig. 372. El DM, como tantos otros materiales, se puede forrar aplicando papel impreso autoadhesivo o encolándolo con cola blanca.



Fig. 373. Maqueta de taquillón realizada con DM forrado de papel impreso con textura de madera de derribo. Diseño de Shara Sánchez (2008)

K) *VARILLAS, TUBOS Y PERFILES*

http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=398&lg=

Los elementos lineales, como varillas y tubos de materiales distintos (hierro, aluminio, plástico, madera) son necesarios en numerosas ocasiones para todo tipo de maquetas y modelos a escala. Se pueden encontrar fácilmente en las ferreterías y en comercios de suministros industriales, pero también es factible aprovechar algunos objetos en desuso que contengan o estén fabricados con varillas o tubos (fig. 374).

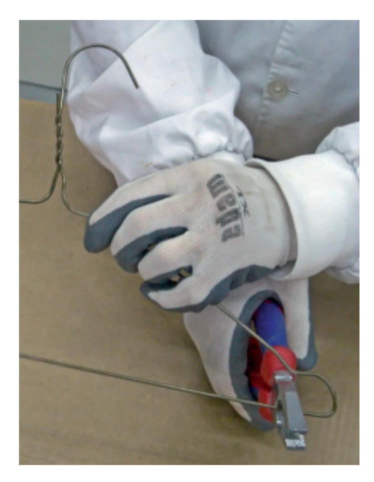


Fig. 374. Aprovechamiento de varillas metálicas a partir de una percha.

Desde el punto de vista de configuración tridimensional, las varillas y tubos metálicos se pueden unir entre sí mediante soldadura o pegamento especial para metales; si se deben unir elementos metálicos con otros materiales (madera o plástico) se emplean pegamentos específicos según los materiales que se deban unir. Pero existen otros métodos de unión entre varillas y tubos u otras piezas, basados en la perforación para alojar el tubo o la varilla, si es cilíndrica (figs. 375 y 376). De esta manera, sin importar el material que se manipule, la unión consiste en la incrustación de una varilla o un tubo dentro de otro. Este es un método sencillo que facilita la elaboración de ciertas maquetas, con el fin

de evitar uniones defectuosas y pegamentos poco fiables, o para que se pueda montar y desmontar (fig. 377). Ahora bien, tampoco está de más aplicar alguna gota de cianoacrilato o pegamento epoxi de doble componente en la perforación antes de introducir la varilla, sobre todo en caso de modelos a escala real (fig. 378).





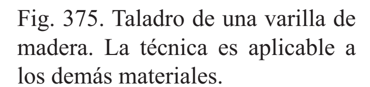


Fig. 375. Taladro de una varilla de madera. La técnica es aplicable a los demás materiales.

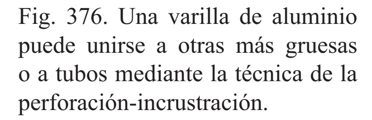


Fig. 376. Una varilla de aluminio puede unirse a otras más gruesas o a tubos mediante la técnica de la perforación-incrustración.

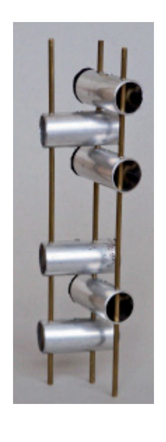




Fig. 377. Maqueta experimental desmontable de un mueble contenedor. Diseño de Mayte Vilar (2005).

Fig. 378. Prototipo de revistero con varillas curvadas sujetas por listones de madera. Diseño de Dianna Santiago (2003).

Uno de los mayores problemas que se pueden encontrar a la hora de trabajar con varillas, tubos y perfiles de metal o de plástico es el doblado de las piezas, bien por su dureza o bien porque se trata de tubos. Doblar perfiles sólo será posible si se trata de perfiles planos, pues los de otro tipo pueden reventar por exceso de tensión cuando se pretende curvar en ángulos muy cerrados. En todos los casos, hay que tener siempre en cuenta el diámetro: para las varillas no se recomiendan espesores o diámetros de más de 5 mm. Si se trata de curvas libres y la dureza del material lo permite, es conveniente apoyar el alambre sobre objetos cilíndricos que faciliten el desarrollo de las curvas, y así lograr diseños variados (figs. 379, 380 y 381).







Fig. 379. Maqueta de perchero. Diseño de Pilar Bonet (2006).

Fig. 380. Maqueta de sillón (alambre soldado con estaño). Diseño de Isabel Martínez (2005).

Fig. 381. Maqueta de banco (alambre y gomas). Diseño de Natalia Tárrega (2005).

El proceso de plegado es muy parecido para las varillas y perfiles, si se realiza de forma manual y en frío. Generalmente se sujeta la varilla o el perfil a un tornillo de banco y después se ejerce presión para que se doble, pudiéndose ayudar golpeando con un martillo de nailon para no dañar el material (fig. 382). No obstante, la manera más segura y menos incómoda es mediante el uso de una pieza de madera que sirva para empujar el perfil mientras se dobla (fig. 383).





Fig. 382. Procedimiento simple para doblar una varilla metálica a mano (A) y con ayuda de un martillo (B).

Fig. 383. Procedimiento más seguro para doblar o pegar una varilla o un perfil metálico.

Cuando se trata de tubos, la dificultad es mayor, ya que al doblarlos sin utillaje apropiado o sin la técnica adecuada, terminan por chafarse sin generar la curva uniforme. De todas formas, en este tipo de material, sea de plástico o de metal, las curvas están limitadas en función de su diámetro, siendo imposible realizar curvas muy angulosas en tubos de gran diámetro. Con ayuda de una dobladora de tubos y las poleas adecuadas es posible realizar curvas, tal como vemos en las imágenes (fig. 384), pero si se intenta reducir el radio de curvatura, lo más probable es que se aplaste la zona (fig. 385).





Fig. 384. Método para curvar en frío un tubo de metal con ayuda de la herramienta apropiada (A). Gracias a la polea, el tubo se curva perfectamente (B).



Fig. 385. Los tubos no resisten curvaturas pequeñas.

Ocurre lo mismo con tubos de plástico. Éstos deben curvarse en caliente, después de haber aplicado calor con la pistola de aire caliente sobre la zona que se va a curvar. Si no se calienta suficientemente, o si se pretende realizar una curva muy pequeña, el tubo se chafará, porque la parte externa de la curva no alcanza la dilatación suficiente para conseguirlo (fig. 386-A). Una técnica que da buenos resultados consiste en rellenar el tubo de plástico con arena y después taponar los extremos. Calentando la zona, tal como se ha explicado, el plástico no se aplastará

por encontrar la resistencia de la arena en su interior, actuando como si se tratara de una varilla maciza (fig. 386-B).

Aunque hay más cuestiones técnicas sobre este tema, pensamos que muchas de ellas se pueden conocer a través de la experimentación y de ensayos, pues el espíritu de este capítulo sobre las maquetas constructivas no pretende sustituir los manuales específicos, sino abrir una ventana a las posibilidades de expresión tridimensional con casos y ejemplos visuales ilustrativos.

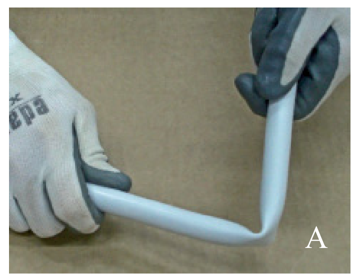




Fig. 386. Al doblar un tubo de plástico, se puede aplastar la zona de curvatura (A), pero si se emplea un procedimiento adecuado, el curvado no se dañará (B).

L) *PEGAMENTOS Y COLAS*

Sólo para concluir esta sección, vamos a nombrar algunas colas y pegamentos más comunes y fáciles de encontrar en los comercios (fig. 387). De todos ellos, debemos desechar el pegamento de barra (1) para casi cualquier actividad en las maquetas, pues sirve casi exclusivamente para unir papel con otros materiales similares.



Fig. 387. Algunos adhesivos químicos y mecánicos útiles para las uniones con distintos materiales en la realización de maquetas.

1. Pegamento de barra
2. Pegamento epoxi
3. Pegamento de contacto común
4. Pegamento transparente universal
5. Cianoacrilato
6. Cinta adhesiva de doble cara
7. Cola blanca
8. Pegamento de barras termofusibles

En el siguiente cuadro apuntamos la lista de adhesivos usuales y su idoneidad respecto a su empleo con los materiales. No son datos estrictos, sino orientativos y cada uno puede optar por el que más le convenga. Hay muchos pegamentos específicos (para PVC, para plásticos rígidos, etc.), pero aquí sólo incluimos los más sencillos y fáciles de conseguir. Por ejemplo, hay pegamento termofusible específico para unir materiales determinados en función del tipo de barrita que se emplee y, así, en este cuadro, se ha optado por indicar sólo las barritas estándar. En uniones extrañas que casi nunca se hacen (por ejemplo, unir el plástico con la espuma de poliuretano) se indica un adhesivo más o menos apto, pero valdrá la pena buscar otras alternativas de materiales si se tienen que unir entre sí. Para profundizar en temas de adhesivos vale la pena

consultar los catálogos informativos de las distintas marcas comerciales, que suelen estar a disposición del público. Otra opción es consultar estos datos en libros de bricolaje. En cualquier circunstancia, antes de usar un producto de esta clase, es imprescindible leer las instrucciones de uso y realizar pruebas si hubiera alguna duda.

	PAPEL	CARTÓN PLUMA	CARTÓN CORRUGADO	CARTONCILLO Y CARTULINA	LÁMINA DE PLÁSTICO	MADERA DE BALSA	CONTRACHAPADO	DM o MDF	MADERA	METAL	GOMA EVA	ESPUMA DE POLIESTIRENO	ESPUMA DE POLIURETANO	CORCHO
PAPEL	1-7-8													
CARTÓN PLUMA	1-7-8	4-7-8-9												
CARTÓN CORRUGADO	1-7-8	4-7-8-9	3-5-7-9											
CARTONCILLO Y CARTULINA	1-7-8	4-7-8	3-5-7	3-5-7-8										
LÁMINA DE PLÁSTICO	7	7	7	7	2-7									
MADERA DE BALSA	7-8	4-7-8	3-5-8-9	3-5-8	2-7	3-5-8								
CONTRACHAPADO	7-8	4-7-8	3-5-8-9	3-5-8	2-7	3-5-8	2-3-5-8							
DM o MDF	7-8	4-7-8	3-5-8-9	3-5-8	2-7	3-5-8	2-3-5-8	2-3-8						
MADERA	7-8	4-7-8	3-5-8-9	3-5-8	2-7	3-5-8	2-3-5-8	2-3-5-8	2-3-8					
METAL	7	4-7	3-7	3-7	2-7	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3-7				
GOMA EVA	3-7	4	3-7	3-7	2-7	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3-6			
ESPUMA DE POLIESTIRENO	7	4	4	4-7	7	4	4	4	4	4-7	4	4-7		
ESPUMA DE POLIURETANO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	
CORCHO	3-7	4	3	3	2	3	2-3-5	2-3-5	2-3-5	2-3	2-3	4	3	2-3

Fig. 388. Tabla para conocer algunos adhesivos químicos y mecánicos útiles para las uniones con distintos materiales en la realización de maquetas.

1. Pegamento de barra
2. Pegamento epoxi
3. Pegamento de contacto común
4. Pegamento de contacto especial para poliestireno
5. Pegamento transparente universal
6. Cianoacrilato
7. Cinta adhesiva de doble cara
8. Cola blanca rápida
9. Pegamento de barras termofusibles.

2.1.2. Configuraciones aditivas: modelado, moldes y reproducciones

Las configuraciones aditivas están directamente relacionadas con el procedimiento del modelado, en el que un material más o menos blando se puede transformar en una forma coherente modificando el volumen mediante presión, adición o sustracción de material. Dar forma reconocible a la masa amorfa y modelable es lo que casi todo el mundo ha realizado alguna vez en su vida, aunque fuera con plastilina en la infancia, y sus orígenes van más allá del arte paleolítico.



Fig. 389. Utensilios básicos para el modelado: palillos variados, vaciador y cuchillo de hoja lisa.

En el ámbito del diseño tridimensional, la plastilina y las arcillas suelen ser las pastas modelables por excelencia. Su utilidad es evidente, porque se trata de una técnica de configuración plástica muy asequible y relativamente sencilla. Sus aplicaciones van desde la iniciación al aprendizaje de la concepción de las formas en el espacio hasta la creación escultórica, desde el desarrollo de ideas conceptuales hasta la ejecución de modelos volumétricos de presentación.

A) *LA PLASTILINA*

La plastilina es un material graso y fácilmente modelable con pocos instrumentos, pues basta un cuchillo o una tarjeta de plástico para configurar volúmenes. No obstante, siempre es interesante tener un mínimo de útiles apropiados para el modelado, como unos palillos de modelado de distintos tipos, un cuchillo de hoja lisa y un vaciador (fig. 389). Los palillos debe ser de madera, pues los de plástico se rompen con facilidad y no se pueden lijar para adaptarlos a los usos que pretendamos hacer (hacerlo más puntiagudo o más curvo, etc.). Se pueden utilizar muchos más utensilios, pero eso ya depende de la manera de trabajar de cada uno.



Fig. 390. Cabeza sintética de plastilina blanca. Diseño de Nacho Solsona (2008).

Fig. 391. Cabeza sintética de plastilina rosada (2009).

La plastilina tiene la ventaja de no secarse y permanecer plástica durante mucho tiempo, pero también tiene la desventaja de ensuciarse con mucha facilidad por el polvo o por las manos sucias. Aún así, es aconsejable emplear la plastilina blanca o de color rosado para realizar proyectos de modelado, pues los colores claros dejan apreciar mejor los volúmenes y los cambios de luz que las pastas de colores chillones, de colores oscuros o con mezcla de colores. Trabajar con estas últimas no sólo dificulta la visión de los volúmenes, sino que también cansan la vista en poco tiempo y manchan las manos y los utensilios debido al contenido en tintes especiales. Comparando un mismo ejercicio de análisis y síntesis de una cabeza humana, vemos que las figuras claras (figs. 390 y 391) se perciben mejor que las de colores poco recomendables (fig. 392).



Fig. 392. Dos cabezas sintéticas de plastilina poco recomendable: una, de color verde fosforescente y otra de color azul oscuro.

La plastilina es un producto excelente para iniciarse en el modelado y para realizar estudios tridimensionales de ideas que se pueden plantear en otras escalas y con otros materiales. Se puede modelar con volúmenes muy geométricos, de aristas vivas y sólidos de todo tipo (fig. 393), plantear como idea de diseño tridimensional a partir de una imagen bidimensional (fig. 394) o, como suele ser muy frecuente, dar forma a ideas escultóricas de volúmenes complejos y variados (fig. 395). La plastilina es un material idóneo para reflexionar, un material para experimentar la creación formal y para expresar bocetos. No sirve como material definitivo, precisamente, por su plasticidad permanente, motivo por el cual se puede dañar o deformar con cualquier golpe, impidiendo que su forma sea duradera. En el caso de pretender conservar la forma del objeto modelado se puede optar por recubrir la plastilina con una capa de resina de poliéster transparente, si bien no es del todo aconsejable, pues siempre es mejor hacer un molde para después reproducir con materiales definitivos la forma que se pretende conservar. Este tema se abordará en otro apartado en las próximas páginas.




Fig. 393. Dos modelos de estudio sobre la inserción de sólidos como iniciación al modelado físico (plastilina blanca).



Fig. 394. Estudio de volumen a partir de imágenes bidimensionales. Interpretación tridimensional de Hyundai.



Fig. 395. Estudio de escultura sobre la cabeza de un toro. Escultura de Lizandra (2005).

B) *ARMAZÓN Y ESTRUCTURA INTERNA*

Cuando se trabaja con la técnica de modelado se pueden realizar modelos macizos cuando éstos no son grandes o no tienen elementos que se puedan descolgar por su propio peso. Pero cuando se deben desarrollar modelos más grandes o con partes que sobresalen, es inevitable preparar un armazón interno, una estructura que sujete los volúmenes del material para asegurar su integridad. Incluso, en objetos pequeños, resulta interesante pensar en un volumen interno que nos hará ahorrar plastilina o cualquier otra pasta modelable.

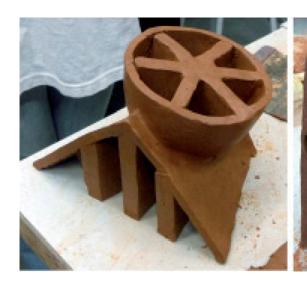
Hay estructuras internas de muchos tipos y materiales, y deben ocupar un volumen aproximado al que se pretende realizar, dejando un margen suficiente por si hay que efectuar cambios de última hora. Un armazón puede ser un volumen de espuma rígida (poliestireno o poliuretano) cubierto con un plástico que se recubrirá, posteriormente, con el material de modelar (fig. 396); puede ser también una estructura modelada a base de tabiques verticales y perpendiculares entre sí formando un panal que luego se recubrirá con el material (fig. 397) o, como se hace a menudo, un esqueleto metálico, que puede ir desde una simple varilla hasta un conjunto de varillas metálicas, alambre y tela metálica para asegurar un volumen mínimo y su resistencia para el peso que pueda asumir a medida que se añade la arcilla (fig. 398). En situaciones así, el peso puede superar incluso los 100 kg, de manera que se hace imprescindible una estructura que sujete el esqueleto interno (fig. 399). Puesto que las armaduras internas dependen del tamaño y de la orientación volumétrica del modelo, no vamos a entrar a explicar con profundidad todas las posibilidades y técnicas, pues

tampoco es estrictamente esencial para el desarrollo de los modelos que se pueden elaborar en el caso que nos ocupa.





Fig. 396. Modelar sobre un volumen de espuma rígida forrada con plástico ayuda a aligerar el peso y mantiene la forma principal en equilibrio. Aplicación de la capa de arcilla sobre el alma de espuma (A) y modelado de la escultura sobre la escultura interna (B). Escultura de Lizandra (2005).



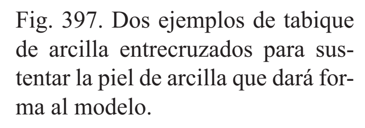


Fig. 397. Dos ejemplos de tabique de arcilla entrecruzados para sustentar la piel de arcilla que dará forma al modelo.



Fig. 398. En modelos de gran tamaño,las estructuras internas deben ser muy resistentes y proporcionar el volumen aproximado de la idea inicial. La aplicación de la arcilla sobre el esqueleto metalico impide que se descuelgue.



Fig. 399. El armazón interno de esta escultura a tamaño natural está sujeto a una estructura que soporta un gran peso. Escultura de Lizandra (2005).

C) *MODELADO POR PLANOS*
http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=399&lg=

Modelar, ya lo hemos visto, no significa solamente realizar objetos de aspecto orgánico o realista, pues enfrentarse a un ejercicio de síntesis geométrica con un material blando siempre es un ejercicio mental que requiere mucha observación y una cierta capacidad de abstracción. Modelar tampoco es algo que se pueda aprender con unas instrucciones guiadas por fotografías o vídeo, pero ver un proceso de trabajo ayuda a comprender mejor la manera de resolver un problema de configuración aditiva.

En el ejemplo que veremos secuenciado en imágenes, el planteamiento consiste en expresar sintéticamente un volumen basado en la forma de una cabeza humana universal. Se trata de sintetizar los volúmenes

generales mediante planos rectos, sin detalles de ningún tipo, excepto los más destacados, como la nariz, los pómulos o la zona de las cejas. Se pueden hacer representaciones infinitas, desde formas con planos muy básicos hasta volúmenes complejos. Lo que no se debe hacer es una interpretación extravagante y poco estudiada, como los ejemplos que mostramos (fig. 400), que, además de emplear una plastilina de color poco apropiado, expresan una imagen más cercana a la caricatura y al monigote que al estudio analítico.



Fig. 400. Estudios mal realizados sobre la síntesis por planos de una cabeza humana. La plastilina no es la indicada, la simetría está mal planteada y se ha puesto más atención en detalles caricaturescos que en la coherencia formal de la propuesta.

El proceso de una propuesta como esta se inicia con la preparación de un armazón realizado con espuma de poliestireno que luego se cubre con plastilina y, poco a poco, se va creando la forma con ayuda de un utensilio sencillo, como un chuchillo de filo liso (fig. 401). Este sería, a grandes rasgos, el esquema del proceso de trabajo:

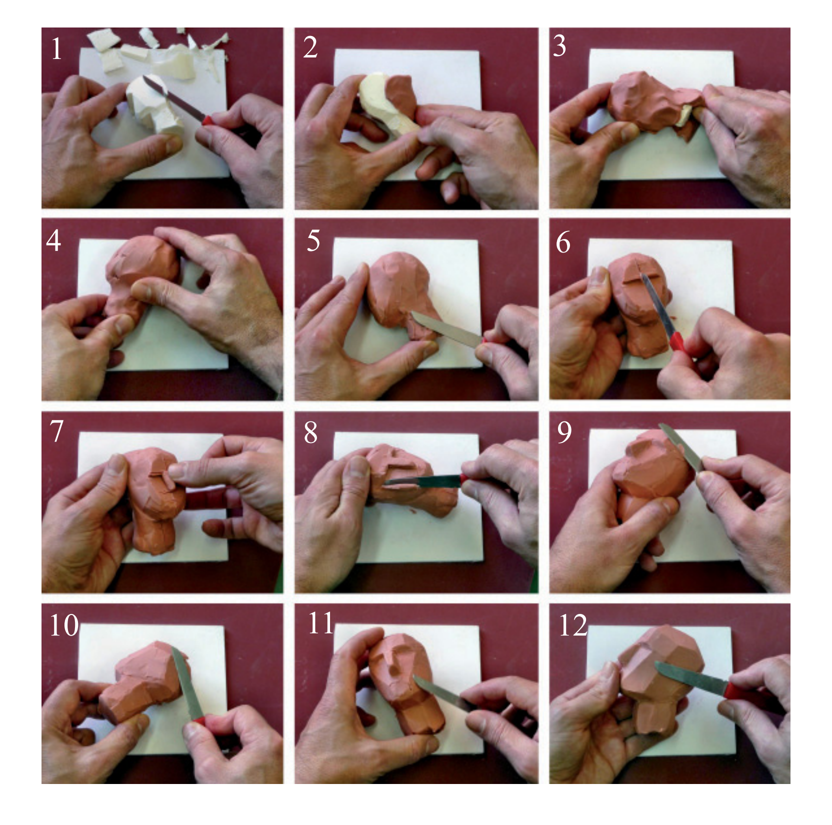


Fig. 401. Fases del modelado sintético de una cabeza humana estructurada por planos básicos.

1. Se prepara el alma de espuma con un volumen ligeramente inferior al objeto final.
2. Se cubre presionando la plastilina sobre el armazón.
3. La plastilina no se adhiere al poliestireno, pero cuando se termina de cubrir, se mantiene sujeta.
4. Se modela el volumen general presionando con los dedos.
5. Con ayuda de una espátula, palillo de modelado o cuchillo de hoja lisa, se inicia la aproximación a la forma.
6. Se dibuja una línea auxiliar para determinar la simetría.
7. Se adaptan los volúmenes principales, que servirán para orientar la forma del conjunto.

8. Con el cuchillo se puede eliminar parte del material que consideramos excesivo.
9. Apretando y arrastrando suavemente el utensilio sobre la plastilina se van generando los planos.
10 a 12. Trabajando todos los puntos de vista y con el cuchillo o la herramienta elegida limpia, se van ajustando los planos hasta que se considere concluido el ejercicio.

No es cuestión de pulir la superficie y llegar al extremo de dejar las aristas perfectas, sino de estructurar los planos y mantener la simetría del conjunto, de captar la esencia volumétrica de una cabeza e interpre-pretarla de manera equilibrada (fig. 402).

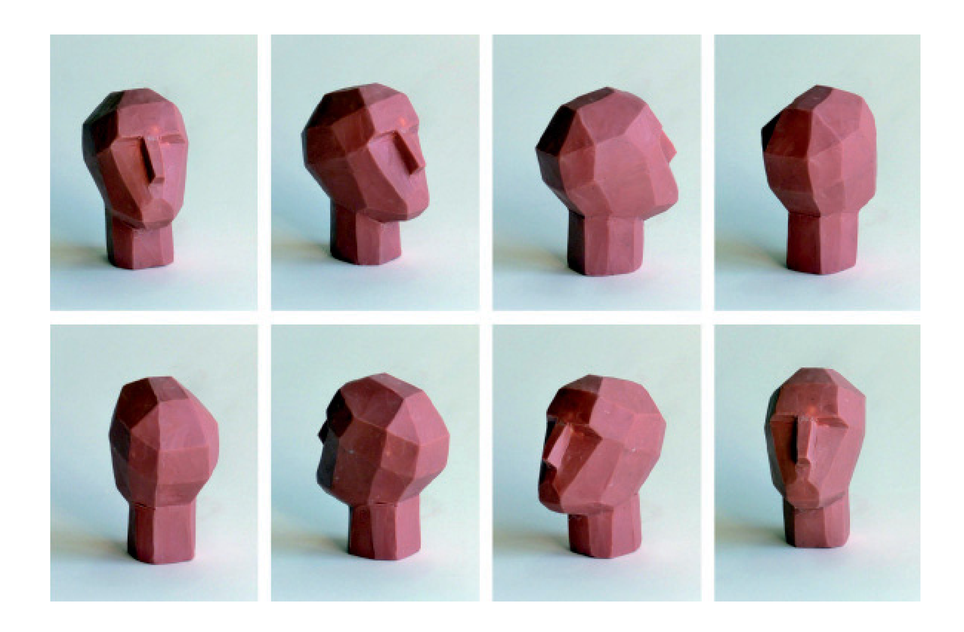


Fig. 402. Una de las infinitas interpretaciones de una cabeza humana por planos rectos, realizada con plastilina rosada. Se puede alcanzar un nivel de acabado bastante aceptable con una buena definición de las aristas y los planos.

D) *LA ARCILLA*

Al hablar de pastas modelables, la arcilla y todos sus derivados representa el producto más utilizado en el campo de la creación tridimensional mediante la técnica del modelado. Es un producto natural que ha acompañado al ser humano en toda la historia de los objetos y forma parte de nuestra vida cotidiana en formas muy variadas (vajillas, pavimentos, revestimientos, objetos decorativos, etc.).



Fig. 403. Para el diseño de carrocería se emplean, a veces, modelos de arcilla especial. Diseño de vehículo de transporte público. Diseño de José Luis Sanz y su equipo (2005).

Cuando se modela con este material hay que tener la precaución de mantener la humedad justa, pues tiene el inconveniente de secarse por pérdida de agua. Este inconveniente para trabajar es, a su vez, necesario para que, al secarse, se pueda cocer en un horno y transformarse así en un material resistente y duradero. En otras circunstancias, algunas arcillas están tratadas para impedir su secado y poder trabajar sin tener que humedecer constantemente la pasta, como por ejemplo cuando se diseñan carrocerías de determinados vehículos (fig. 403). Además de esta

utilidad, las arcillas sirven también para diseñar otro tipo de modelos de objetos domésticos (fig. 404), si bien, como técnica de expresión tridimensional, tiene más relevancia en el terreno artístico, pues admite posibilidades plásticas inimaginables.



Fig. 404. La plasticidad de la arcilla permite diseñar distintos productos como modelos de estudio.

El color de la arcilla va desde las pastas claras de color gris hasta las rojizas, pero existen otros materiales, como el gres, que puede presentarse con colores tan oscuros como el negro. Al igual que con la plastilina, para modelar no son aconsejables las pastas de colores muy oscuros o de colores mezclados, ya que impiden el reconocimiento de superficies y la luz, que modula los volúmenes, no incide bien en zonas de colores que contrastan demasiado, como se puede comprobar en las esculturas de la figura 405, que, siendo idénticas, las que muestran veteados apenas dejan ver los volúmenes.



Fig. 405. Una misma forma puede percibirse mejor o peor en función de los colores. Cuando son veteados, el reconocimiento de volúmenes es peor. Esculturas de Lizandra (2002).

D) *MODELADO ARTÍSTICO*

Cuando existe un planteamiento de expresión libre y el artista modela una obra, el único límite es el peso físico del material y la estructura, pues, desde el punto de vista formal todo es posible. Veamos, de manera esquemática, el desarrollo de un modelado de formas orgánicas realistas, aunque tratadas con cierta síntesis (fig. 406).

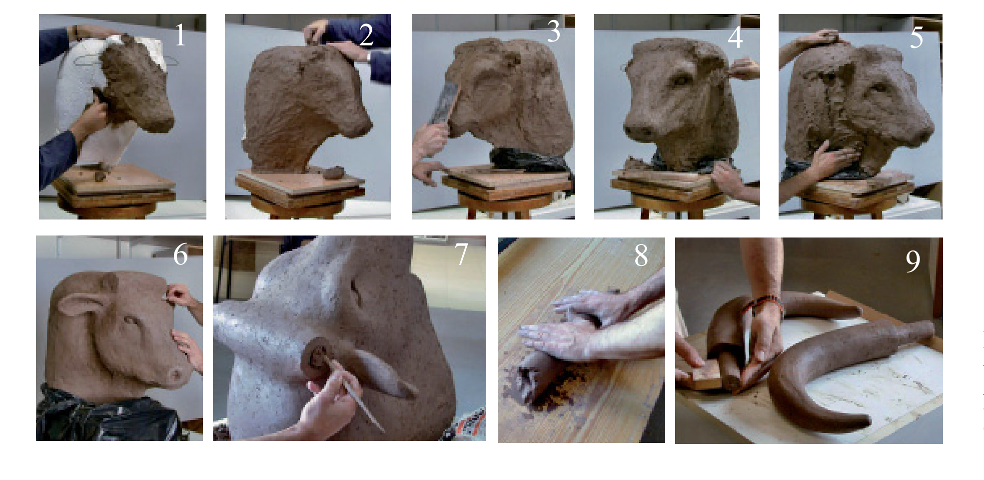


Fig. 406. Proceso de modelado de una escultura con volúmenes libres y superficies texturadas. Escultura de Lizandra (2005).

1. Puesto que se trata de un modelado que luego se moldeará, se aplica la arcilla (en este caso, gres) sobre una estructura de poliestireno y alambre.
2. Se cubre toda la armadura hasta ocultarla.
3. En ciertos casos, con volúmenes grandes, se puede ajustar la forma general, golpeando con una pequeña tabla para igualar zonas.
4. Se comienza a trabajar también con otros utensilios (palillos de modelado, peines, etc.).
5. Mientras se añade el material se van reestructurando los volúmenes.
6. Una vez definidos los volúmenes se modelan los detalles.

7. Como se trata de una obra con piezas, se prepara el alojamiento para el encastre.
8. Se elaboran los cuernos sobre la mesa haciendo rodar el gres hasta conseguir una forma cónica.
9. Se curvan los cuernos y se integran los elementos que se incrustarán en el orificio de la cabeza de toro.



Fig. 407. La escultura, previamente modelada, se moldea y se reproduce con material definitivo. Escultura de Lizandra (2005).

Tras el proceso de modelado, se realiza el molde con escayola, que luego servirá para reproducirlo con material definitivo y dejar la obra concluida (fig. 407). Sin embargo, no todos los modelados con arcilla deben pasar por un proceso de moldeado y posterior reproducción. Si se plantea un armazón que se pueda eliminar tras modelar la obra, se puede dejar secar la pieza para cocerla más tarde, cuando esté completamente seca (fig. 408). En estos casos, se recomienda un secado lento sobre un papel de periódico; esto evitará que en la reducción de volumen por pérdida de agua, se resquebraje el objeto debido a las tensiones del secado.







Fig. 408. Después de modelar un objeto con arcilla se puede extraer el armazón (A) para terminar de vaciar el interior (B) y dejarlo listo para secar; posteriormente, se introducirá en el horno para su cocción (C).

F) *LOS MOLDES*

Aunque parezca una exageración, hoy en día sería imposible vivir sin moldes. Casi todos los objetos que nos rodean se han producido a partir del moldeo y por eso, millones de personas de distintos lugares poseen al mismo tiempo un bolígrafo con la misma forma, o una cámara fotográfica del mismo modelo, o comen con cubiertos idénticos. Todo esto gracias a las reproducciones que los moldes permiten repetir una y otra vez.

El primer molde consciente tuvo que surgir en el momento en que nuestros más remotos antepasados comprendieron que la propia huella del pie o de la mano sobre el barro reproducía fielmente la forma de la extremidad. Darse cuenta de esto podría parecer insignificante, pero, si reflexionamos un momento, entenderemos que fue algo extraordinario.

Los materiales para la ejecución de moldes a lo largo de la historia han sido de lo más variado: arcilla cocida, yeso, madera, láminas de metal,

cera... e incluso piedra. Hoy en día, con el conocimiento y experimentación de nuevos materiales, se han desarrollado productos que facilitan el registro de cualquier forma, por inverosímil que parezca.

La huella del molde

Un molde es, simplemente, la forma envolvente de un objeto. Al separar la forma original de esta envolvente tenemos el «negativo», una réplica exacta, pero invertida, de los volúmenes, detalles y texturas del original o «positivo». Son volúmenes contrarios y complementarios: el hueco de uno se corresponde con el saliente del otro y viceversa (figs. 409 y 410).

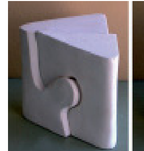
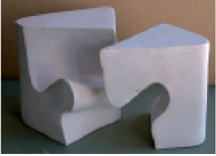



Fig. 409. La relación espacial entre el modelo y el molde, y entre éste y la copia, es equivalente a la relación entre dos módulos complementarios; uno y otro encajan perfectamente.

Realizar un molde está siempre ligado a su posterior reproducción, ya que, en principio, el molde es un medio técnico para la producción de copias y no un fin en sí mismo, salvo algunas excepciones de carácter artístico. Por eso es importante considerar algunas cuestiones de los tres elementos implicados: el modelo original, el molde y la copia.



Fig. 410. La huella del molde representa el volumen invertido del objeto moldeado. En este caso, el molde pertenece a un retrato modelado con arcilla y se puede ver, gracias a la luz, lo que representa el volumen hueco. Obra de Lizandra (1992).

- *El modelo original o positivo*
  Las características formales, mecánicas y químicas del modelo son determinantes para realizar un molde de un tipo u otro. El modelo original ¿es blando o rígido?, ¿es resistente o es frágil?, ¿su forma es complicada y llena de entrantes y salientes, o es muy simple?, ¿se trata de un relieve o de una forma exenta y voluminosa?, ¿se debe conservar intacto tras el proceso de moldeado o se puede destruir al desmoldear?, ¿resiste a la acción química del material de moldeado?, ¿se requiere un desmoldeante para evitar la adhesión del molde, y de qué tipo?

- *El molde o negativo*
  Puesto que existen muchas maneras de moldear, es conveniente plantearse, aparte de los interrogantes anteriores que afectan directamente al molde, otras preguntas: ¿debe ser rígido o flexible?, ¿cuántas piezas se necesitan?, ¿hay que hacer muchas reproducciones con el mismo molde o sólo una?, ¿resiste al calor, a la humedad, a los productos químicos y a la tracción mecánica?, ¿se mantiene estable en el tiempo?, ¿qué agente desmoldeante es el más conveniente?, ¿qué método de reproducción se va a emplear?

- *La reproducción o copia*
  La copia, «gemelo» del original, también es una cuestión determinante en esta disciplina, porque cualquier error de elección del material, de la manipulación o de la extracción del molde, perjudicaría un largo trabajo. A veces cuesta más retocar los desperfectos de una copia que volver a empezar desde cero, incluyendo la fase de realización de un nuevo molde, si éste se viera también abocado al desastre.

Las puntualizaciones señaladas en los dos apartados anteriores son interesantes para aplicarlas también aquí, pero es imprescindible plantearse otras nuevas: ¿la copia debe estar a la intemperie o en un interior?, ¿debe estar sometida a cambios de temperatura o a alguna acción mecánica?, ¿el material empleado se puede retocar con facilidad?, ¿admite tratamientos cromáticos y de qué tipo?



Fig. 411. Trazado de la línea de junta en un modelo de escayola antes de iniciar el molde.

Elementos de un molde

El afán de mostrar con relativa claridad los procesos que determinan la realización correcta de un molde nos obliga a enumerar los distintos elementos que lo componen a modo de vocabulario técnico, pues las próximas páginas se verán salpicadas de palabras como las que vienen a continuación.



Fig. 412. En el proceso del moldeo, los tabiques de plastilina darán forma a los planos de junta, que son las zonas de unión entre las distintas piezas de molde.

- *Línea de junta:* es la línea imaginaria o marcada (según los casos) que delimita las uniones entre las piezas de un molde (fig. 411). La línea de junta nos permite saber en cuántas piezas se va a hacer el molde, y qué partes va a comprender. Se puede marcar con un lápiz o un rotulador sobre superficies duras, pero también se puede trazar una línea incisa con una punta de alambre sobre un modelo de pasta blanda (arcilla, plastilina o cera).

- *Plano de junta:* es el plano que nace de la línea de junta y se desarrolla alrededor de cada pieza de molde, manteniendo el contacto entre las distintas piezas. En algunos moldes la anchura de este plano es equivalente al espesor del mismo molde, y se forma gracias al tabique que separa las zonas que se van moldeando (fig. 412). Siempre se corresponde con la zona de contacto entre las diferentes piezas que componen el molde.



Fig. 413. Los planos de contención pueden ser de láminas metálicas o de acetato si el modelo es de material blando.

- *Planos de contención:* también llamados tabiques, son elementos útiles para realizar moldes de dos o más piezas, generando los planos de junta durante el moldeado. Se pueden utilizar pequeñas láminas metálicas o de plástico que se incrustan en la línea de junta cuando el original es de arcilla o de plastilina (fig. 413). No obstante, y para cualquier caso, es preferible emplear unas tiras planas de arcilla o plastilina que se van adaptando a lo largo de la línea de junta (fig. 414).



Fig. 414. Los planos de contención más adecuados suelen ser de plastilina o de arcilla.

- *Claves o llaves:* son imprescindibles en cualquier molde que tenga más de una pieza porque actúan como machihembrado para evitar el desplazamiento de las diferentes piezas, sobre todo en el proceso de reproducción. Hay una gran variedad de formas (semiesféricas, piramidales, troncopiramidales, prismáticas, etc.), pero todas, sean macho o hembra, deben cumplir un requisito: no deben ser demasiado profundas ni prominentes y la orientación de sus paredes tendrá, necesariamente, un ángulo que permita la separación sin que se

rompan (figs. 415 y 416). Se practican en el plano de junta, en la superficie de los moldes flexibles y en piezas que necesiten un contramolde, porque así se ajustan las piezas sin posibilidad de que se desplacen accidentalmente.

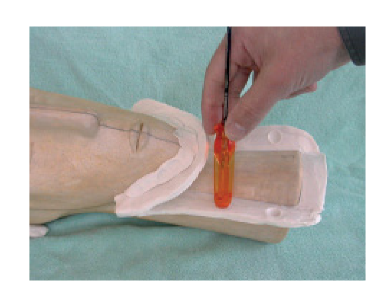


Fig. 415. La importancia de las llaves es fundamental, tanto más cuantas más piezas tenga un molde. En este caso se han realizado apretando el mango semiesférico de un destornillador sobre el tabique de plastilina.

- *Desmoldeante:* también llamado desmoldante, es el producto que impide que se adhieran los materiales entre sí durante el proceso de moldeado o de reproducción, y se puede aplicar con aerosol o con brocha (fig. 417). Según los materiales que deban entrar en contacto se emplea un agente separador u otro, aunque, en ciertas ocasiones, también se puede prescindir de este producto.

- *Retenciones:* cuando en un modelo positivo hay zonas en forma de cavidad o saliente que actúan como «gancho» impidiendo la separación del molde, tenemos retenciones. Cuando un objeto rígido presenta muchas retenciones, es mejor realizar un molde flexible (fig. 418) o bien un molde en piezas, a menos que a pieza sea blanda como la plastilina. En la figura 419 se muestra el esquema del relieve de escayola de un mascarón en el que se señalan las retenciones más destacadas (A). En el caso de hacer el molde rígido en una sola pieza sobre el relieve, sería imposible separar las piezas porque las retenciones lo impedirían (B).

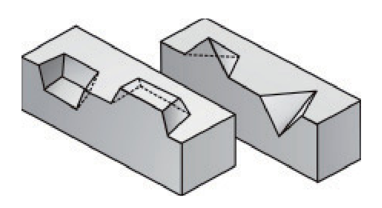


Fig. 416. Dibujo esquemático de llaves troncopiramidales y otras piramidales triangulares (machos y hembras en ambos casos).

  Suponiendo que el positivo fuera de material blando y se pudiera eliminar, quedaría la cáscara del molde, pero mantendría las retenciones a la inversa (C). En esta situación, para reproducir la forma y extraer la copia se deberá romper el molde, de aquí que a este tipo de moldes se le denomine *molde perdido.*



Fig. 417. Aplicación de desmoldeante con brocha sobre una zona que se va a moldear.

- *Lecho:* con este término se designa al volumen de material que oculta medio modelo original cuando se realiza un *molde en bloque;* sería como hundir el objeto en un material blando dejando al aire sólo la parte que se ha de moldear en una primera fase (fig. 420). Antes de proceder a realizar el lecho, es conveniente dibujar la línea de junta como referencia (fig. 421).

- *Bebederos:* son orificios o aberturas que permiten la entrada del material de colada en la fase de reproducción (fig. 422), o la entrada del material del molde flexible durante su elaboración (fig. 423).



Fig. 418. Cuando un objeto tiene muchas retenciones, es preferible realizar un molde flexible.

- *Contramolde:* también llamado «cajamadre» o «madreforma», es una especie de «molde del molde», cuya función principal es la de mantener juntas varias piezas de molde o evitar que un molde flexible se deforme a falta de un soporte rígido que lo mantenga (fig. 424). Es un envoltorio rígido con el mínimo de piezas posible, del que se prescinde en algunos tipos de moldes si las distintas piezas encajan muy bien entre sí (fig. 425).

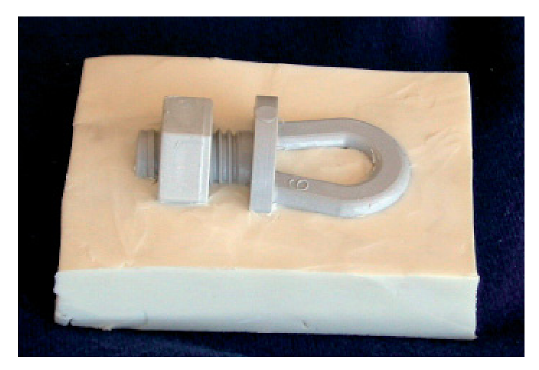


Fig. 420. La mitad de la pieza está oculta en el lecho, dejando al descubierto la que se va a moldear primero.



Fig. 421. Hay que marcar la línea de junta antes de introducirla en el lecho.







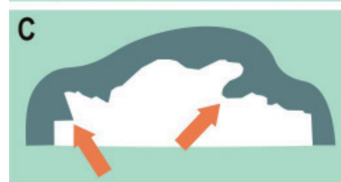


Fig. 419. El modelo de mascarón presenta numerosas retenciones (A) que impiden la realización de un molde único (B). Si el modelo fuera blando sí sería posible, pero en este caso sería el molde el que tendría retenciones (C).



Fig. 422. Colada de silicona para realizar un molde flexible.

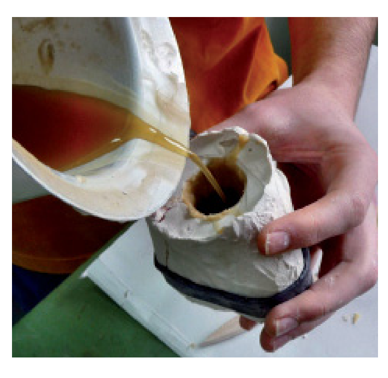


Fig. 423. Colada de cera líquida en un molde para reproducir una copia.



Fig. 424. Los moldes flexibles necesitan casi siempre un contramolde rígido que mantenga su forma. En la imagen, el molde flexible, el contramolde de escayola y el modelo original.



Fig. 425. A pesar de tratarse de un molde de cinco piezas, su encaje perfecto no requiere la presencia de un contramolde, pues no es siempre necesario.

Del relieve a la figura exenta

Ya que vamos a considerar objetos tridimensionales como formas para moldear, vale la pena considerar los términos que sirven para diferenciar las categorías de las distintas expresiones en función del concepto de volumen; términos que son válidos para cualquier otro objeto producido de forma artificial, sean modelos o prototipos.



Fig. 426. Bajorrelieve: el volumen que sobresale respecto al plano del fondo es mínimo. Escultura de Lizandra (1985).

Los relieves se encuentran a medio camino entre la representación bidimensional y la expresión tridimensional, puesto que éstos muestran la sensación de volumen real mediante una interpretación que se fundamenta en la apariencia de profundidad de lo representado. Esto requiere un plano soporte desde el cual emergen las figuras «deformadas» o «aplastadas» para dar la ilusión de espacio, sin emplear la línea, el claroscuro o el color, como ocurre en el dibujo o en la pintura. El bajorrelieve, mínima expresión volumétrica de la escultura, se caracteriza por sobresalir muy poco del plano que lo sustenta, como se aprecia en este relieve de caballo (fig. 426). Aunque parte de los mismos principios técnicos, el altorrelieve sobresale bastante más y da lugar a muchas retenciones, como se ve en el altorrelieve de león, que parece casi completo (fig. 427).

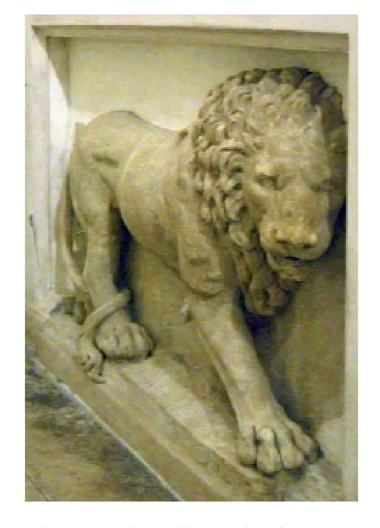


Fig. 427. Altorrelieve: el volumen sobresale bastante respecto al plano del fondo. Museo Capitolino (Roma).

La figura exenta o de bulto redondo supone un cambio en la contemplación del objeto, pues éste se puede observar desde todos los puntos de vista, a diferencia del relieve, que sólo permite una contemplación frontal o, como mucho, ligeramente ladeada. Hay formas con muy pocas retenciones, al estar configuradas con volúmenes mínimos de constitución sintética (fig. 428). Pero también el arte ofrece obras con volúmenes más complejos y articulados, llenos de cavidades y retenciones de todo tipo, como esta escultura de bronce (fig. 429).



Tapaporos y desmoldeantes

Los agentes separadores se emplean en el proceso de ejecución de un molde, así como en la reproducción del mismo. Lo ideal es emplear un desmoldeante específico para cada ocasión, teniendo en cuenta los materiales que deberán entrar en contacto. Pero muchas veces no se dispone del producto apropiado y hay que recurrir a desmoldeantes «caseros» y eventuales. En este sentido, es conveniente saber si los materiales de contacto son porosos y absorbentes o son completamente impermeables; también, si uno de los materiales es alterable o susceptible de ser atacado por algún producto determinado. Esto podrá ayudar en la elección del producto y el procedimiento que se deberá seguir.

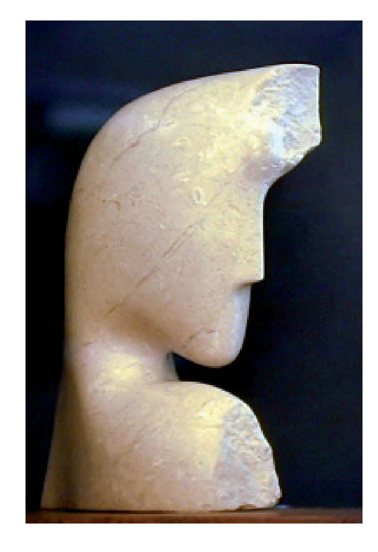


Fig. 428. Figura de bulto redondo con volúmenes sintéticos. Escultura de Lizandra (1985).

Como norma general, una sustancia jabonosa o aceitosa genera una película aislante que facilita la separación o, por lo menos, impide la

adherencia total. Sólo hay que llevar cuidado cuando los dos materiales que deben tocarse son muy porosos, como la escayola, o uno de ellos es altamente adhesivo y químicamente agresivo, como la resina de poliéster. En estas situaciones, lo mejor es utilizar dos recursos al mismo tiempo: un tapaporos y un desmoldeante. Eso sí: nunca se debe aplicar una capa gruesa sobre la superficie y es importante evitar las huellas dejadas por la brocha durante la aplicación (fig. 430).

Por otra parte, no es recomendable iniciar un molde o, en su caso, una reproducción, sin antes haber hecho acopio de todo el material necesario, en especial el desmoldeante. De tener que realizar forzosamente alguna de estas actividades sin tener el agente separador apropiado, se puede acudir al jabón u otros productos jabonosos (gel, lavavajillas, detergente, etc.) o a los productos oleosos y céreos (aceite, lubrificante, cera de pulimento, betún incoloro). Esto puede provocar, a veces, burbujas o irregularidades en las superficies, pero sirve para salir del apuro.

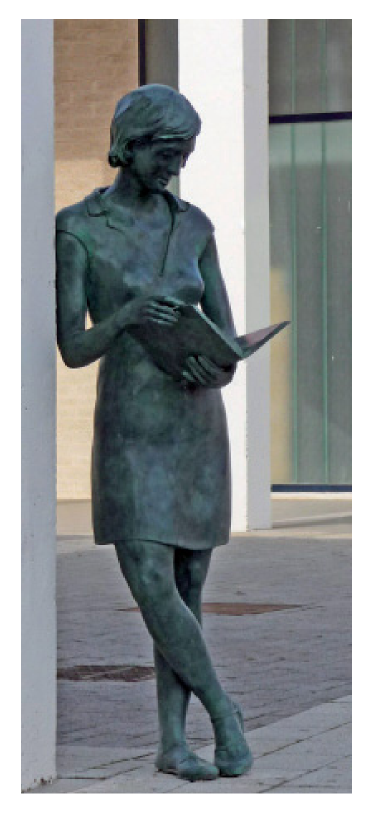


Fig. 429. Figura exenta con numerosas retenciones y huecos. Escultura de Lizandra (Ágora de la Universitat Jaume I de Castellón).

Elección de la línea de junta

No dejaremos de insistir en que es importante saber elegir la línea de junta y determinar las retenciones, con el fin de que la separación del molde y del original, o de la copia, en su caso, sean efectivas. Esto es primordial en los moldes rígidos, que serán los que veremos en las próximas páginas. Observemos el esquema de la figura 431: las figuras A, B, y C muestran la correcta disposición del límite del molde para no dañar el original en la extracción; las figuras D y E, en cambio, presentan grandes dificultades para la separación, hasta el punto de provocar la rotura del molde o del objeto por la mutua presión en las zonas indicadas con flechas; finalmente, en las figuras de la imagen F, se aprecia la imposibilidad de separar el molde del positivo, salvo si se trata de un molde flexible.

La escayola



Fig. 430. Aplicar demasiado desmoldeante puede desembocar en un molde o en una reproducción poco fiel al original, ya que este exceso eliminará la textura de la superficie original e incluso generará volúmenes que desvirtuarán la forma.

La escayola es un tipo de yeso específico para determinados trabajos y, especialmente, para realizar moldes. Se debe prestar atención a la calidad de este producto, pues resulta más adecuado y económico el que se puede encontrar en comercios de materiales de construcción. La escayola se confunde a veces con el yeso común y, aunque es posible realizar un molde con este material, el proceso de fraguado tarda más y el resultado es peor.

En la preparación de la escayola para elaborar un molde se debe tratar de equilibrar la cantidad de agua respecto a la cantidad de yeso. En esta

secuencia esquemática se reproducen las distintas fases de la reacción de la mezcla ideal de yeso con agua (fig. 432).

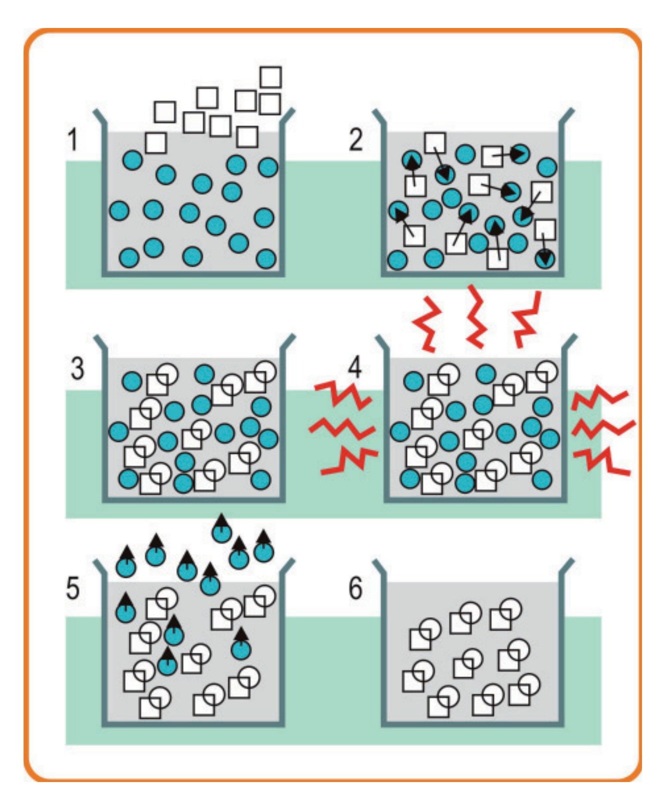


Fig. 432. Esquema del proceso de fraguado de la escayola.

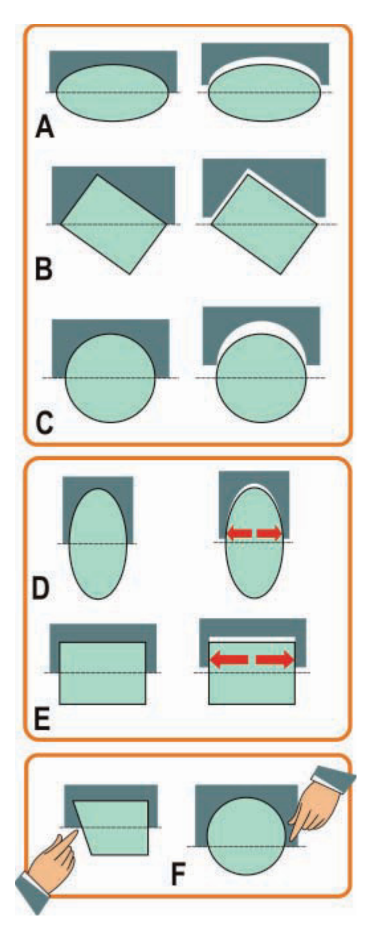


Fig. 431. Esquema de las posibilidades de elección correcta (A, B y C) o incorrecta (D, E y F) para situar la línea de junta antes de realizarse el molde.

1. Se vierte el yeso (cuadrados blancos) espolvoreándolo sobre el agua (círculos grises) sin remover.
2. Después de la mezcla, el yeso toma el agua necesaria para rehidratarse.
3. El yeso, una vez tomada la porción de agua necesaria para cristalizar, forma una trama compacta, dejando libre el resto del agua.
4. A partir de este momento, el yeso deja de ser plástico y al solidificar sufre el período crítico, liberando calor.
5. En esta reacción exotérmica, el calor facilita la evaporación de parte del agua sobrante. El resto se irá evaporando poco a poco en días sucesivos.
6. El yeso toma la apariencia sólida que le caracteriza, y si la cantidad de agua era la apropiada, su consistencia será homogénea y relativamente resistente a la acción mecánica.

El agua en exceso crea una masa más porosa y, por consiguiente, más débil, porque cuando el yeso ha tomado el agua necesaria para cristalizar, la restante ocupa un espacio que quedará vacío cuando se evapore. Por eso, la proporción de agua es muy importante para la buena consistencia y uso de la escayola al hacer moldes.

Se distinguen dos fases en el fenómeno del fraguado:

- *1.ª fase:* el espacio de tiempo durante el cual el yeso es manejable, que comienza a partir del momento en que se mezcla bien el agua con el yeso hasta que deja de tener una consistencia de crema pastosa.
- *2.ª fase:* el tiempo de fraguado propiamente dicho, que tiene lugar cuando empieza a dejar de ser plástico hasta que endurece por completo.

Utensilios y preparación

El utillaje para la realización de moldes es variado y depende de muchos factores (tipo de molde, tamaño y material del modelo, retenciones, etc.). Sin embargo, para moldes pequeños es suficiente con una cuchara, un cuchillo, una espátula y una cubeta para mezclar la escayola con el agua (fig. 433). Evidentemente, también hará falta el material para preparar los planos de junta o el desmoldeante, pero como utensilios, éstos son los básicos (fig. 434).

La preparación de la escayola requiere los siguientes pasos (fig. 435):

A. Se llena una cubeta con agua, en cantidad algo menor al volumen de lo que necesite de masa, y se vierte la escayola espolvoreándola por toda la superficie directamente.
B. Hay que controlar que la escayola se distribuya uniformemente en el agua, pues de lo contrario se desestabilizaría la proporción idónea.
C. Cuando el polvo de escayola se haya depositado por completo hasta aflorar en la superficie del agua, se obtiene la proporción óptima de la mezcla, tal como se indica con la flecha.
D. Sin perder tiempo, se remueve el preparado procurando deshacer los grumos con ayuda de un palo, una cuchara o la mano, pero tampoco se debe remover demasiado deprisa porque se generarían demasiadas burbujas.

Otra acción que se debe evitar es la de remover la escayola mientras se espolvorea en el agua, ya que esto genera grumos y no permite alcanzar la mezcla adecuada (fig. 436).

Tipos de moldes

La elección del material y de la técnica para realizar un determinado tipo de molde está en función de distintos criterios, como la naturaleza del material del modelo, su tamaño, la forma, la cantidad de ejemplares para reproducir (tirada) o la situación física del objeto (en una pared,

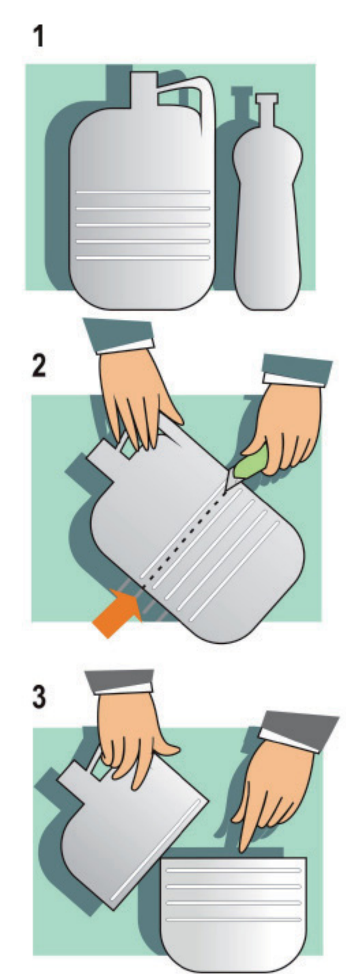


Fig. 433. Aunque parezca obvio, vale la pena aprovechar las botellas y bidones de plástico para emplearlos como balde en la preparación de la escayola, cortándolos por la mitad.



Fig. 434. Los utensilios para perapar moldes pueden ser todo lo variado que uno quiera, pero una cuchara, un cuchillo y un cuenco para preparar la escayola, pueden ser suficientes.

en el exterior, etc.), entre otros condicionantes, como los referidos en las cuestiones de páginas anteriores. Puesto que se trata de iniciarse en una gran variedad de técnicas que requieren experiencia y no es nuestro objetivo enseñarlas todas, aquí trataremos de conocer sólo algunas posibilidades más accesibles y comunes.

A título informativo, y considerando las técnicas, los moldes pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Moldes en bloque o por colada en caja
- Moldes estampados rígidos
- Moldes de membrana o de piel
  - Moldes estampados
  - Moldes por colada
- Moldes por baño (o inmersión)
- Moldes mixtos

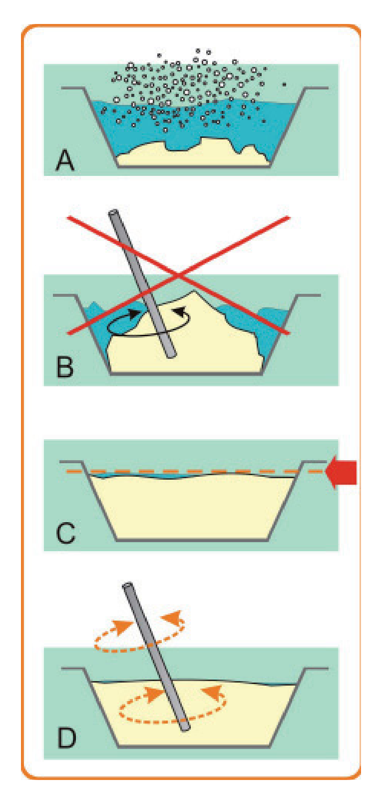


Fig. 435. Esquema sobre la preparación de la escayola y su proporción respecto a la cantidad de agua.

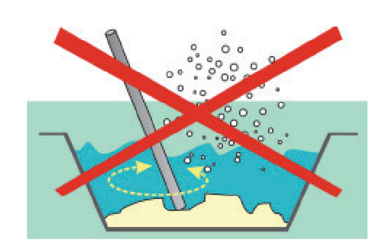


Fig. 436. No se debe añadir escayola al agua y remover al mismo tiempo la mezcla.

Si nos planteamos la consistencia del material de moldeado, los podemos diferenciar entre moldes rígidos y moldes flexibles. Aún más: tomando en cuenta el hecho de que el molde posibilite la reproducción de una sola copia o numerosas copias, los moldes se distinguen entre molde perdido y moldes permanentes (molde en piezas, moldes flexibles y moldes mixtos). En todo caso, el material predilecto para iniciarse en la realización de moldes, y también la opción más cómoda y económica, es la escayola; esto, si el molde ha de ser rígido y no excesivamente grande. Cuando se trata de figuras complicadas, entonces será mejor aprovechar las propiedades de los materiales flexibles (gelatinas y siliconas) porque simplificarán el trabajo.

Moldes en bloque o por colada en caja

Los moldes de esta categoría se caracterizan por su forma externa de bloque prismático o cilíndrico, dependiendo del contenedor. Es importante emplear un material u otro y una o más piezas de molde según el modelo que se vaya a reproducir: si se trata de un relieve o si se trata de una figura exenta. En el primer caso, el modelo original, el que se va a moldear, puede ser blando o rígido, pero en el segundo debe ser, preferentemente, de material rígido. De no ser así, es fácil que el modelo se deforme en el proceso.

- *Molde de un relieve sin retenciones*
  Un bajorrelieve no suele presentar cavidades y formas salientes que dificulten la realización de un molde o la separación del mismo (extracción). Por ello, se puede realizar el molde rígido de una sola pieza que abarque toda la forma. El método común comienza por asentar el relieve sobre un plano horizontal y rodearlo con un tabi-

que algo más alto que la parte más sobresaliente del relieve. Dicho tabique se puede realizar con planchas de arcilla o de plastilina, pero si ha de ser alto, es mejor emplear tablas de madera, o planchas de poliestireno, o una lámina flexible (hojalata, plástico, acetato...).

Para sujetar y sellar los tabiques, si no son de arcilla o de plastilina, se puede preparar un cordón de plastilina alrededor de la base de las tablas o de las láminas. Esto impedirá que con el vertido de escayola u otro material de moldeado los tabiques cedan o tengan filtraciones por la parte de contacto con el plano de la base. Después, si es necesario, se aplicará el agente separador sobre la pieza. La ilustración de la figura 437 esquematiza el proceso, pero mejor vemos un ejemplo práctico.

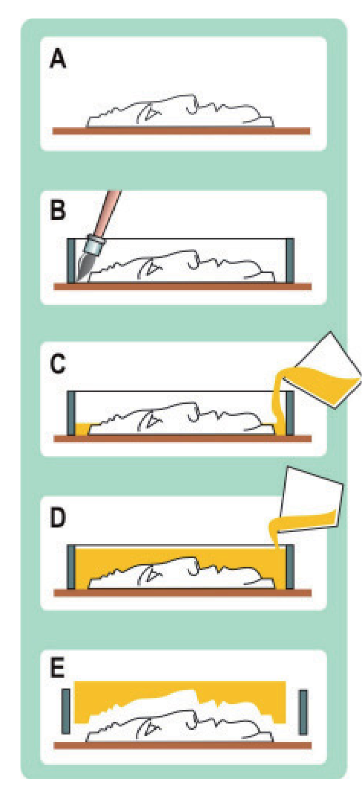


Fig. 437. En esta secuencia se esquematiza el roceso de un molde de caja sencillo:

A. Se coloca el relieve en posición horizontal sobre una superficie plana.
B. Se construye una caja que rodee al objeto y se aplica el desmoldeante en las paredes interiores de la caja y las zonas que vayan a tener contacto con el material del molde.
C. Se vierte el material en un extremos para evitar que golpee directamente el objeto.
D. Se llena la caja con el material de moldeado hasta que cubra todo el objeto suficientemente.
E. Una vez endurecido el material del molde, ya se puede abrir la caja y separar el positivo. El molde está listo.

Este modelo de ratón para ordenador (fig. 438), no siendo estrictamente un bajorrelieve, carece de retenciones y formas que impidan la separación del futuro molde. Si bien hay varias alternativas para preparar la caja o contenedor, en casos como éste, de pequeño tamaño, resulta más cómodo y rápido utilizar planchas de poliestireno extrusionado, o bien, láminas de acetato. En el supuesto de utilizar las planchas de poliestireno, éstas se pueden recortar con facilidad y al tamaño deseado. Tras esto, el método general, válido para cualquier circunstancia similar, consiste en encerrar la pieza entre las cuatro paredes (fig. 439) sellando con plastilina las juntas de contacto entre las paredes y el piso o base de apoyo y las juntas de las paredes entre sí (fig. 440).

Sin embargo, cuando las piezas para moldear no son demasiado grandes se puede seguir un método más cómodo (fig. 54):

1. Se prepara una plancha de plastilina, de 1 cm de espesor aproximadamente, sobre la que se apoya la pieza. La plancha debe tener una superficie mayor que la del objeto.
2. Se corta una lámina de acetato, como las que se emplean en la encuadernación de fotocopias, y se incrusta en la base de plastilina, dejando una distancia de 1 a 3 cm respecto a las partes salientes del objeto.
3. Para fijar el acetato y también evitar posibles fugas del material de moldeado, se coloca un cordón de plastilina en la junta entre el plástico y la base.
4. Una vez sellada la junta del acetato, se prepara una lechada de escayola, tal como se indicaba en el capítulo 2, y cuando está lista, se vierte con cuidado en un lateral de la caja.
5. Cuando la altura de la escayola sobrepase algo más de 1 cm la parte más alta del modelo, no es necesario seguir añadiendo escayola. En este punto se pueden dar algunos golpecitos a la mesa o al tablero para que vibre la escayola y, así, se liberen algunas burbujas que se habrán formado con toda seguridad.



Fig. 438. Modelo de plastilina de un ratón para ordenador. Diseño de Tomeu Femenías (1998).

6. Ya fraguada la escayola, se procede a quitar la lámina de acetato, que se separará sin dificultad.
7. Con un cuchillo o espátula metálica, se achaflana el canto agudo del bloque en la parte superior: esto servirá para manejar sin riesgos el molde, ya que, cuando la escayola endurece por completo, puede ser cortante si se dejan los cantos tal cual.
8. Se elimina la base de plastilina y se repite la operación de achaflanar el borde del bloque, esta vez en la parte inferior, tras darle la vuelta.
9. Por fin, con ayuda de un palillo de modelado o con un vaciador, se procura extraer el modelo de plastilina del molde. Si se hace con cuidado, el modelo original apenas sufrirá daños, en el caso de que se quiera conservar este positivo en material no definitivo. Se debe intentar no tocar la huella del molde con los utensilios, pues de otro modo perderá parte de la calidad superficial.

Fig. 439. Colocación de los tabiques de poliestireno para construir la caja para el molde.



Fig. 440. Sellado y fijado de las juntas de la caja con plastilina, para evitar posibles derrames de la escayola al verterla.



Fig. 441. Fases de la elaboración de un molde en bloque de una sola pieza a partir del modelo de plastilina.

Al final de este proceso, obtendremos el molde en bloque, y, si se ha extraído con precaución, también el positivo intacto (fig. 442). Se puede realizar entonces una prueba de reproducción con cera fundida, tal como se explicará más adelante, pues el molde estará todavía bastante húmedo y la cera se despegará con facilidad.



Fig. 442. Resultado del molde en bloque de un modelo de plastilina.

- *Molde de una figura de bulto sin retenciones*
  http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=405&lg=

Muchos objetos que nos rodean y que forman parte del mundo del diseño industrial mantienen una estructura semejante de volúmenes muy simples. Una batidora, una copa, un envase de plástico y mil cosas más coinciden en este sentido. Por ello, si hubiera que

elaborar el molde rígido de un objeto de este tipo, se tendría que realizar en dos piezas. Algo que se puede comprobar analizando con detalle la sutil rebaba que muchos productos realizados con moldes industriales tienen a lo largo de su línea media, visible, sobre todo, en las botellas de plástico.

El proceso para la elaboración del molde de una figura de bulto redondo sigue las mismas pautas que en el caso del relieve, aunque, en esta ocasión, se deberá proceder como si se hicieran dos moldes: uno por cada cara. En estas viñetas se muestra cada paso de manera esquemática (fig. 443).

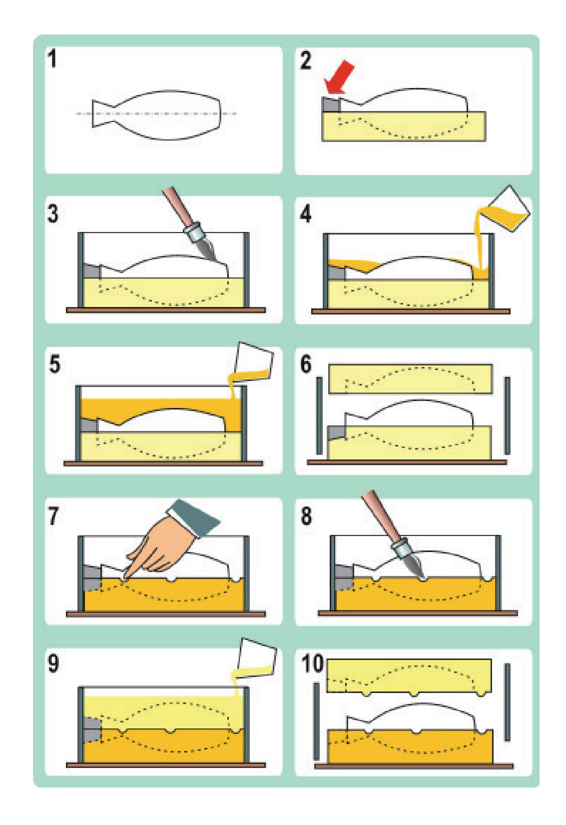


Fig. 443. Esquema general de las fases para la elaboración de un molde en bloque de dos piezas.

1. Se estudia por dónde queda aproximadamente la mitad del objeto y se traza una línea de junta como referencia.
2. Se prepara un lecho de arcilla húmeda o de plastilina, de tal modo que cubra medio objeto y se dispone un bebedero en forma de medio tronco de cono, también del mismo material, en un extremo del objeto, tal como señala la flecha.
3. Se colocan las paredes cerrando la pieza y se aplica el desmoldeante, tanto sobre el objeto como en la cara interna de las paredes.
4. Se vierte el material de colada (resina, escayola, gelatina o silicona) poco a poco en un rincón de la caja.
5. Se llena con el material de moldeado hasta que cubra por completo el objeto, lo que constituirá la primera pieza del molde.
6. Cuando el producto haya endurecido, se separan las paredes, se gira el bloque (la parte de molde quedará abajo) y se elimina el lecho provisional.

7. Se vuelve a cerrar el conjunto entre los tabiques y se prepara otro medio tronco de cono de plastilina que se deberá apoyar sobre el anterior (ver paso 2). En la superficie del plano de junta se practican las llaves cóncavas (señalado aquí con la mano), en el caso de que se trate de escayola. Cuando el material de moldeado es otro, conviene realizar las llaves sobre el lecho de arcilla o plastilina, algo que también puede ser válido cuando el molde haya de ser de escayola.
8. Se aplica el desmoldeante en la superficie del objeto, el plano de junta y la cara interna de los tabiques.
9. Se vierte una nueva colada de material de moldeado hasta llenar la caja: esta será la segunda pieza del molde.
10. Al endurecer este segundo bloque, se pueden retirar los tabiques y separar las dos piezas, liberando así el positivo que ha servido para realizar el molde.

Al concluir la fase de moldeado, obtenemos dos piezas de molde en bloque (más, si el objeto es algo más complejo) y se pueden reproducir varias copias, generalmente, mediante la técnica de colada. Ahora veremos el mismo proceso con un ejemplo real, pues se trata de hacer el molde en bloque de un tubo de crema (fig. 444).

1. Sobre la forma del tubo se estudia la línea de junta para establecer la separación de las dos piezas del molde.
2. Se realiza un lecho de plastilina que oculte medio tubo. La línea de junta coincidirá en la zona de contacto con el lecho; en la boquilla del tubo (el tapón) se dispondrá un volumen semicilíndrico o de medio tronco de cono, que será el bebedero cuando el molde esté terminado.
3. Se construye la caja alrededor del tubo, cuyos límites serán impuestos por las dimensiones del propio lecho. Se aplica el desmoldeante (vaselina, cera o aceite) al objeto y a las paredes internas de la caja, tras lo cual se puede verter la lechada de escayola. Después conviene hacer vibrar el soporte del molde para impedir la formación de burbujas.
4. Cuando la escayola haya endurecido, se quitan las paredes de la caja y se le da la vuelta para eliminar el lecho de plastilina. Así se obtendrá la primera pieza del molde.
5. Como en cada ocasión que se realice un molde de escayola, es preciso achaflanar todos los cantos agudos con ayuda de una espátula o de un cuchillo.
6. Sobre la superficie del plano de junta se practican unas llaves cóncavas o hembras haciendo girar un vaciador o la punta redonda de un cuchillo o de una cucharilla. Se hacen las llaves necesarias, pero no es imprescindible hacer muchas; tampoco hay que hacerlas muy profundas, porque si no acabarán rompiéndose al abrir el molde.

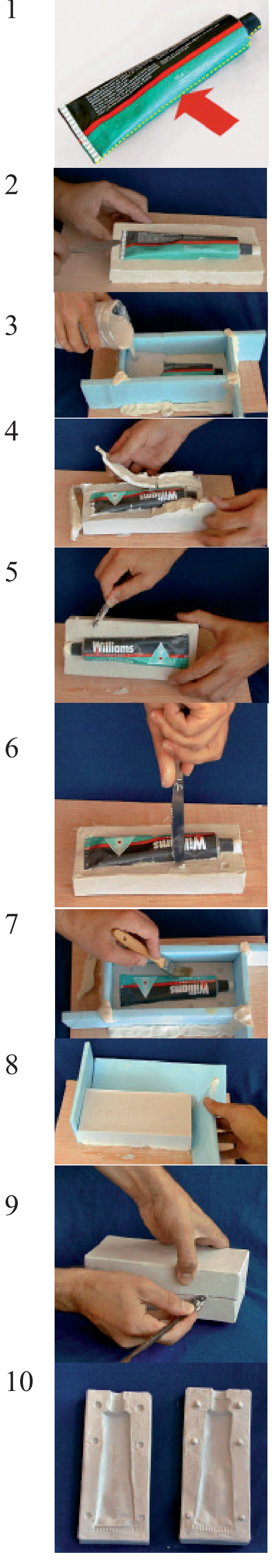


Fig. 444. Proceso de elaboración de un molde en bloque en dos piezas, a partir de un objeto rígido sin retenciones.

7. De nuevo, se cierra la caja procurando sellar bien las juntas de las paredes y se aplica el desmoldeante, no sólo en la parte descubierta del objeto y en las paredes, sino también en el plano de junta con las llaves cóncavas. Después se procede a llenar la caja con escayola líquida hasta el nivel deseado y se deja endurecer. De esta forma, se completa el molde en dos piezas.
8. Se separan los tabiques y se achaflanan todos los cantos que falten.
9. Para activar la separación de las piezas del molde será suficiente introducir una espátula o la hoja de un cuchillo en la ranura de unión, y presionar ligeramente en tres o cuatro puntos distintos, pero sin forzar. Cuando se empiece a notar que las piezas se separan, es mejor terminar de abrir el molde con las manos.
10. Al final, las dos piezas quedan libres. Si se considera necesario, se pueden lavar con agua y una esponja o una brocha limpia. El molde está preparado entonces para reproducir copias del original.

- *Molde de una figura de bulto con retenciones*
  Ante un objeto que presente cavidades y retenciones de consideración, lo mejor es realizar un molde flexible, pues evitará complicaciones innecesarias (fig. 445). Más aún si se trata de un molde en bloque. Pero hay que entender, también, que este tipo de moldes se tiene que aplicar cuando el objeto que se haya de moldear no sea muy grande; de lo contrario, el coste sería muy alto y el molde flexible no tendría suficiente consistencia para realizar buenas copias. El procedimiento sigue prácticamente los mismos pasos que los citados anteriormente, cambiando sólo el material del molde y el desmoldeante (fig. 446).

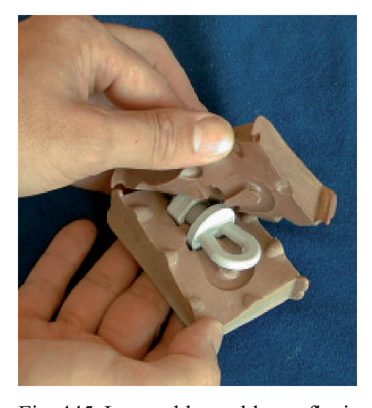


Fig. 445. Los moldes en bloque flexibles sólo se realizan sobre pequeñas piezas con retenciones, pues el material de moldeado es bastante caro.

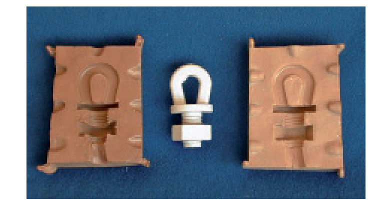


fig. 446. Un molde en bloque flexible de una pequeña pieza con ligeras retenciones. El procedimiento para su realización es equivalente al de los moldes en bloque rígidos.

Moldes estampados rígidos

Los moldes en bloque, casi siempre, están pensados para objetos no muy grandes. De no ser así, se consumiría mucho material de moldeado y, lo que es peor, serían muy difíciles de manejar debido al peso y el volumen excesivos, motivo por el cual resulta más efectivo realizar moldes por capas o estampados, sean éstos en piezas rígidas o de membrana flexible.

El concepto fundamental de molde estampado es el de cubrir con una cáscara de una o más capas el objeto que se pretende moldear, intentando que el espesor del molde sea, más o menos, uniforme en toda su extensión.

En la técnica de moldes estampados hay que distinguir dos planteamientos de resolución: el molde perdido y el molde en piezas. El primero sólo sirve para realizar una sola reproducción, pues para liberar la copia del molde, hay que destruirlo. Por el contrario, los moldes en piezas, más complejos en su ejecución, están pensados para reproducir varias copias con el mismo molde.

- *Molde perdido*
  http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=400&lg=

  http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=401&lg=

  Este tipo de molde debe su utilidad a que, siendo de material rígido, resulta más sencillo en su elaboración y requiere menos piezas, por lo que se simplifica el trabajo y el tiempo de ejecución. La otra cara de la moneda es que, como se ha dicho, sólo se puede hacer una única copia porque el molde se destruye en el proceso de reproducción (fig. 447). Pero esto no es un inconveniente cuando lo que interesa es concluir la labor con un único modelo de material definitivo (fig. 448).



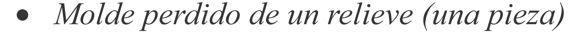
Fig. 447. El molde perdido es único y para extraer la copia se debe destruir con cuidado para no dañarla.



Fig. 448. La rotura del molde perdido permite una sola copia en material definitivo; en este caso, una reproducción con resina de poliéster.

  Las cuestiones técnicas obligan a emplear modelos de arcilla blanda, de plastilina o de cera (modelable o normal), de manera que, una vez terminado el molde, se pueda extraer el original sin causar daños a lo que realmente importa: la huella del molde. Para ello, el material blando se podrá eliminar gracias a su plasticidad con vaciadores y palillos de modelado, mientras que las ceras se pueden ablandar e incluso fundir mediante calor.

  Los moldes de este tipo suelen ser de escayola, aunque, en contadas ocasiones, también se emplea la cera si el modelo no es demasiado grande, porque, en cualquier caso, son fáciles de romper o eliminar dejando intacta la reproducción.



- *Molde perdido de un relieve (una pieza)*
  Un relieve, con o sin retenciones, apenas presenta dificultades a la hora de realizar un molde perdido. Los pasos que se deben seguir son casi siempre los mismos, pero cuando se trate de relieves de gran tamaño habrá que colocar, además, unos refuerzos (cañas o varillas metálicas) sujetos con esparto y escayola para impedir la deformación o fractura del molde del relieve.

  Veamos cómo proceder para elaborar el molde de un relieve (fig. 449).

  1. Alrededor de este relieve de arcilla se ha dispuesto un tabique del mismo material para que sirva como contención de la lechada de escayola. No es necesario que este tabique sea alto ni que diste más de dos centímetros respecto al relieve, porque su utilidad es relativa.
  2. Aunque no es del todo imprescincible, en general la primera capa de escayola se colorea, bien con pigmento en polvo antes de la mezcla con agua, o bien con tintes líquidos que se agregan al agua de la mezcla. Cuando la escayola está en estado de lechada, se «lanza» sobre la superficie del relieve con la mano o con una cuchara, procurando que penetre por todos los rincones del

objeto. A veces es necesario soplar sobre esta capa de escayola para que alcance a cubrir ciertas zonas de difícil acceso. No hay que tener prisa, pero tampoco ser muy lento, porque la escayola comienza a reaccionar desde que entra en contacto con el agua y puede endurecerse antes de cubrir el modelo por completo. En cualquier caso, vale la pena no preparar demasiada escayola, sólo la necesaria para una primera capa.

3. Una vez cubierto el relieve con la primera capa de escayola, conviene esperar a que endurezca. Si se intenta poner más escayola encima o la que se está poniendo se ha endurecido, se corre el riesgo de estropear la huella y crear estrías indeseables.
4. Después de endurecer la primera capa, que es la más importante, hay que aplicar una segunda para que refuerce y procure el espesor necesario al molde. En esta ocasión, la escayola se puede aplicar con una espátula reforzando aquellas zonas que parezcan más débiles. Además, tardará menos en endurecer porque parte del agua será absorbida por la primera capa. Ya endurecido el molde, es conveniente eliminar los sobrantes laterales con ayuda de una rasqueta y también el tabique de contención que rodeaba el relieve.
5. Con el molde del revés, se levanta el relieve desde uno de los extremos y, si la arcilla está como debe estar (plástica, no seca), sale de una sola pieza tirando con la mano o con ayuda de palillos de modelado.
6. Se limpian los restos de arcilla que se suelen quedar adheridos en algunas cavidades y se lava el molde con una brocha o una esponja y agua. A menos que la preparación de escayola no haya sido correcta, el molde resistirá el lavado sin daño alguno.
7. Es normal que en la superficie del molde se hayan generado algunas burbujas, pero no suponen un problema. Si se quiere, se pueden masillar con tapagrietas o masilla plástica. Si no, tampoco pasa nada: a la hora de reproducir la copia, las burbujas serán pequeños puntos en relieve que se podrán eliminar raspando o lijando. En este punto, lo mejor es dejar secar el molde durante una semana al menos, antes de iniciar una reproducción del mismo.













Fig. 449. Proceso de un molde estampado de una pieza sobre la forma de un relieve sintético. Obra de Eva Vélez (1996).

- *Molde perdido de una figura de bulto (dos piezas)*

A pesar de que no hay una gran diferencia en los pasos que se deben seguir cuando se elige realizar un molde perdido de dos o más piezas, sí es importante observar dos cuestiones distintivas: el estudio de las líneas de junta y la aplicación del desmoldeante en los planos de junta. Para modelos no muy complicados, el método general es el del molde en dos piezas o cáscaras. Sin embargo, hay casos algo más extremos que, bien por el tamaño, bien por el armazón interno o

bien por una forma llena de volúmenes intrincados, precisan varias piezas.

El ejercicio del modelado sintético de una cabeza humana por planos servirá para ilustrar la manera de realizar un molde en casos parecidos (fig. 450).



Fig. 450. A pesar de tratarse de un molde de cinco piezas, su encaje perfecto no requiere la presencia de un contramolde, pues no siempre es necesario. Ejercicio elaborado por Aaron Soto (2009).

1. En primer lugar se coloca una base que impedirá cerrar toda la pieza cuando se vierta la escayola, dejando la base del modelo para que actúe de bebedero.
2. Se preparan unas pequeñas láminas de aluminio que se pueden conseguir recortándolas de un bote de refresco.
3. Puesto que el objeto, modelado con plastilina, presenta poca complejidad gracias a su simetría, se dispone una corona de láminas de aluminio siguiendo la línea que separa una mitad de otra respecto al volumen general.
4. Siempre que el objeto lo permita, conviene colocarlo de tal manera que la aplicación de la escayola resulte lo más eficaz posible: en este caso, horizontalmente. Para ello se disponen unos

pequeños tacos de plastilina en la base para que no baile mientras se aplica la capa de escayola. A continuación se extiende una capa de vaselina sobre la corona de aluminio, que actúa de plano de junta provisional.

5. Se prepara la lechada de escayola, que no tiene por qué colorearse, y se comienza a cubrir toda la superficie del objeto, pudiéndonos ayudar con una cuchara. Hacer bien esta primera capa es primordial, puesto que es la que capta la forma y la textura superficial del modelo. En esta fase resulta muy útil soplar levemente sobre la escayola líquida para empujarla entre los resquicios adaptándose mejor a la superficie; así cubrirá todas las cavidades y ranuras, al tiempo que evitará la formación de burbujas de aire.
6. Cuando el modelo queda cubierto por la primera capa, se debe esperar a que endurezca ligeramente antes de reforzarla con más escayola. Esto se advierte porque la escayola, a medida que endurece, pierde brillo y en ese momento es adecuado añadir una segunda capa o reforzar la primera hasta alcanzar el espesor necesario. Con la hoja de un cuchillo o con una espátula apropiada, se termina de igualar el espesor de la primera pieza del molde, que no deberá exceder más de 2 cm.
7. Una vez ha endurecido la escayola, se le eliminan las láminas de aluminio, retocando la línea de junta con un palillo, si es preciso.
8. Antes de que la escayola endurezca totalmente, es mejor recortar parte de los bordes del molde en contacto con el tabique de contención.
9. Sobre el plano de junta de escayola se realizan unas pocas llaves haciendo girar la punta redonda del cuchillo sin profundizar mucho.
10. Para evitar que la segunda pieza se adhiera a la primera, se aplica desmoldeante (jabón, aceite, vaselina...) al plano de junta. Por comodidad, en esta ocasión se ha empleado vaselina teñida, que impide la adhesión entre superficies de escayola y permitirá ver la zona de unión entre las piezas de molde.
11. La segunda pieza del molde repite los mismos pasos que la primera, empezando por cubrir el modelo al descubierto con una lechada de escayola. Después se refuerza hasta que alcance el espesor adecuado, como en la otra parte.
12. Tras el endurecimiento de la escayola, se raspa la junta de la unión entre las dos cáscaras, para ver la línea de separación. La vaselina teñida, empleada como desmoldeante, tiene la ventaja de marcar con claridad esta línea de junta.
13. Abrir el molde es una operación muy delicada, porque por un descuido se puede romper. Se introduce ligeramente la punta de un cuchillo o de una espátula entre las piezas para hacer cuña en distintos puntos a lo largo de la línea de junta hasta que se aprecie que se van separando; no hay que apretar demasiado, porque podríamos dañar el molde. Algunas veces es preciso golpear con suavidad la herramienta para ayudar en la separación.

14 y 15. Con mucho cuidado se abre el molde y, si el modelo original se ha adherido a una de las piezas del molde o se ha deshecho en parte, se elimina a mano aunque se deforme, o se emplea un vaciador hasta que el molde quede libre del todo. En estos casos es normal que el modelo se enganche un poco.

Si la plastilina es blanca, el molde no quedará manchado, contrariamente a las plastilinas de colores que, por efecto del calor del fraguado, la escayola absorbe parte de los tintes. El molde terminado refleja la huella de los volúmenes y se observa en cada cáscara la forma negativa del modelo de cabeza sintética, así como las llaves que permiten la correcta unión entre las piezas (fig. 451).



Fig. 451. Terminado el molde en dos piezas, está listo para la reproducción de una copia.

Tanto para el almacenamiento de los moldes, como para la reproducción de los mismos, es conveniente mantener sujetas las piezas con gomas elásticas. Si se prefiere, se puede conseguir con aros o tiras recortadas de neumáticos de coche, moto o bicicleta (fig. 452).



Fig. 452. Las piezas de los moldes deben permanecer unidas y sujetas porque se pueden deformar. Es preferible usar gomas elásticas y de esta manera los planos de junta siempre coincidirán. Modelo de escayola y su molde en piezas.



- *Molde en piezas*
  Acabamos de ver el método general para la ejecución de un típico molde perdido. Pero no siempre es necesario destruir el molde para extraer la copia. Con frecuencia, muchos de ellos no tienen retenciones que impidan su utilización para realizar dos o más copias sin estropear demasiado la huella del molde. Esto ocurre con objetos como el del ejemplo anterior, así como en otros muchos cuyos volúmenes no presentan cavidades profundas, salientes intrincados o ángulos complicados. En esta situación, el molde perdido tiene características comunes con el molde en piezas. A menudo, incluso, resulta difícil establecer la diferencia.

  Por concepto, el molde en piezas está pensado para reproducir varias copias, sin que ello suponga su deterioro. Se realiza en un material rígido, y el número de piezas que lo constituye dependerá de la forma y de las retenciones que determine el modelo. Lo más normal es que el moldeado se desarrolle sobre un modelo de material rígido, porque, de ser arcilla húmeda o de plastilina, hay mucho riesgo de trastocar los volúmenes y textura del modelo mientras se trabaja.

- *Molde de escayola en dos piezas*
  http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=404&lg=

  Cuando la forma del modelo es muy simple, es posible el molde en sólo dos piezas, pero no es lo más corriente. En la mayoría de los casos, el mínimo de piezas para un molde de este tipo es de tres partes.

Un molde de dos piezas que sirva para ser reproducido más de una vez sigue los mismos principios técnicos que el molde perdido. Sólo que, si se trata de un modelo de material rígido, habrá que aplicar algún agente separador en su superficie. Por lo demás, es innecesario colorear la primera capa de escayola, ya que en este caso no tiene razón de ser. Veamos el desarrollo del molde de un objeto tan cotidiano como una manzana, cuya forma es equivalente a una figura de revolución. Y aunque resulte repetitivo por la similitud metodológica respecto al ejemplo anterior, es interesante porque se advertirán algunas diferencias (fig. 453).

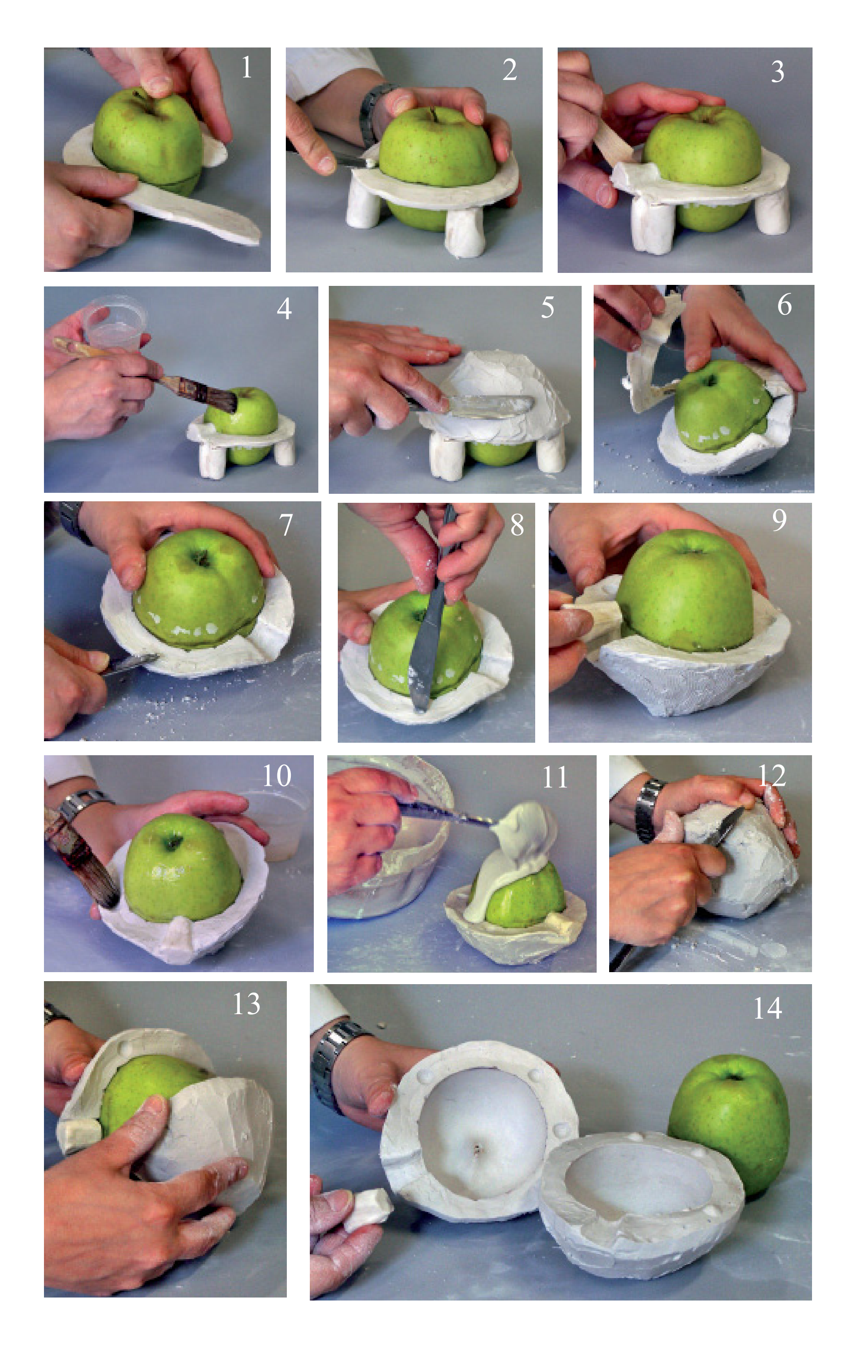


Fig. 453. Fases del proceso de un molde estampado de dos piezas, a partir de un modelo rígido con mínimas retenciones.

1. Puesto que se trata de un objeto rígido, se utilizará una banda de plastilina (de 2 a 3 cm de ancho), para que actúe de plano de

junta provisional, colocándola alrededor de la línea de junta que se habrá marcado previamente con un rotulador.

2. Se ajusta la zona de contacto con el modelo para que no tenga excesivas irregularidades, después de haber apoyado la manzana y la banda de plastilina con unas piezas de plastilina, con el fin de que no se desprenda mientras se moldea.
3. Se prepara la mitad de un tronco de cono que ocupará el espacio del bebedero.
4. Se unta la superficie del modelo con una capa muy fina de aceite o vaselina.
5. A continuación, se prepara la lechada de escayola y se empieza a cubrir la superficie del modelo. Se refuerza la primera capa con más escayola, cuidando de dar el mismo espesor a toda la pieza, pero sin superar los 2 cm en la parte más gruesa. La anchura del plano de junta provisional nos ayuda a controlar el grosor del molde. Cuando la escayola está en estado algo denso, pero fluido, es más cómoda su aplicación con espátulas o un cuchillo.
6. Minutos más tarde, tras el endurecimiento de la escayola, se voltea el modelo con la primera cáscara de molde para proceder a realizar la segunda parte. Primero se quita el tabique de plastilina.
7. Se rasca el canto para achaflanarlo un poco.
8. Como no se han hecho las llaves sobre la banda de plastilina, se hacen ahora en distintos lugares del plano de junta con la punta redonda de un cuchillo que, al girar, crea una concavidad semiesférica.
9. Esta vez se coloca un pequeño tronco de cono de plastilina en el hueco que había reservado para el bebedero.
10. Se aplica desmoldeante por toda la superficie del modelo, pero con especial atención en el plano de junta.
11. Se realiza la segunda pieza del molde siguiendo las mismas pautas que la primera.
12. Se raspa la zona de unión entre las cáscaras para localizar la línea de junta.
13. Se introduce la punta de un cuchillo o de una cuña en algunos puntos de la línea de junta para forzar la separación de las dos cáscaras hasta que se abra el molde.
14. Una vez abierto del todo, vemos que un molde de estas características no requiere gran espesor. Se elimina la pieza que ha producido el bebedero y el molde puede servir para reproducir varias copias, siempre y cuando se aplique un desmoldeante apropiado.

G) *LA REPRODUCCIÓN DE LOS MOLDES*

Salvo excepciones, un molde no sirve para nada si no se efectúa la reproducción de una o más réplicas exactas del objeto al cual se extrajo la huella. Esa es la verdadera función del molde: actuar como intermediario entre la forma original y sus copias, dar la posibilidad a un objeto

de regenerarse en otro de la misma forma pero de material diferente o repetir esa forma un número indeterminado de veces (fig. 454).


Fig. 454. Gracias a los moldes y las copias que se pueden realizar de éstos, es posible crear formas de todo tipo, como estas frutas de cera.

Los moldes y las reproducciones tienen muchas características en común, tanto por los materiales como por las técnicas, o, incluso por el uso de los mismos utensilios. Así que, conociendo los procedimientos para resolver algunos moldes, es relativamente sencillo seguir sus técnicas. Sin entrar en el termomoldeo y termoconformado, que plantea la necesidad de maquinaria especial, las reproducciones se pueden hacer de tres maneras: por apretón, por colada y estampadas. En este apartado mostraremos tan sólo algunos ejemplos básicos, pues las posibilidades de reproducción son tan amplias que no es factible hacerlo en pocas páginas ni ese es el propósito de la presente obra.

Reproducciones por apretón

La técnica del apretón fue muy utilizada en el pasado para la reproducción de formas cerámicas, ornamentales y funcionales. Consiste en apretar un material de consistencia plástica (arcilla, pastas cerámicas, plastilina, cera blanda) sobre la huella del molde en toda su superficie y después se separa de éste (fig. 455). Muchas veces no es imprescindible aplicar un agente separador al molde, pero en la mayoría de ocasiones se suele aislar con polvo (talco, grafito, etc.) o arena muy fina.




Fig. 455. Reproducción por apretón de un personaje de animación de plastilina sobr elos moldes de escayola, previamente espolvoreados con talco. Después se deben retocar las rebabas y las grietas que puedan formarse.

El problema de esta técnica reside en que, después de ejercer presión sobre trozos de material que se van añadiendo para cubrir la superficie del molde, la superficie de la copia no es completamente regular y se forman fisuras y huecos que hay que retocar posteriormente. En moldes complejos puede resultar poco fiable la fidelidad del producto final, sobre todo si se deforma al separar la copia del molde, pero cuando se trabaja con un molde de relieve sin retenciones, el método es muy sencillo y no se generan tantos problemas, ya que se puede extender el material plástico arrastrándolo sobre la superficie del molde, tal como vemos en las imágenes (fig. 456):

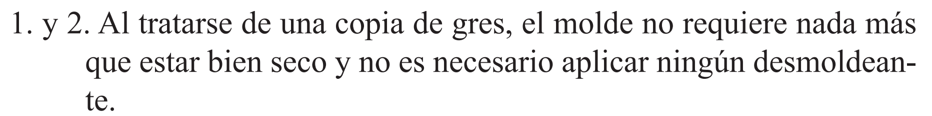

1. y 2. Al tratarse de una copia de gres, el molde no requiere nada más que estar bien seco y no es necesario aplicar ningún desmoldeante.
3. y 4. Para afianzar el gres sobre el molde, se repasa con la mano sobre la superficie y luego se iguala la capa de gres con ayuda de un tablero o una espátula. Esto impedirá también un exceso de irregularidades en la cara posterior.
5. Tras unas pocas horas, el gres se habrá secado ligeramente y se separará con facilidad del molde.
6. El molde sigue intacto y se pueden volver a reproducir más copias mediante este procedimiento.



Fig. 457. Reproducción de un molde de relieve mediante la técnica de apretón. Reproducción con gres. Escultura de Lizandra (1986).

El termoconformado no deja de ser una técnica similar desde el punto de vista conceptual, pues una lámina de plástico queda íntimamente unida a la superficie mediante presión. Otros ejemplos conocidos de este sistema son las aplicaciones que se le han dado en el mundo del espectáculo: muchas marionetas, gigantes y cabezudos y, por su puesto, las fallas, se han realizado apretando el cartón sobre los moldes para dar forma a los personajes (fig. 457).

Reproducciones por colada



Fig. 457. Las fallas, al menos las más tradicionales, utilizan el recurso del apretón de cartones de modelado sobre los moldes para crear figuras.

El término «colada» resulta ya muy familiar, porque se ha venido empleando para explicar varias técnicas de moldeado. Tal como indica, la colada de material para una reproducción no es, ni más ni menos, que el vertido de un producto en estado fluido dentro de un contenedor con una forma determinada. Reproducir por colada es, pues, llenar un molde con cera fundida, escayola líquida o una resina antes de la gelificación. También se puede verter un producto gelatinoso, si es que se pretende que la consistencia final del objeto sea blanda o flexible. En realidad, no hay demasiados límites para colar un producto en el interior de un molde. Seguidamente mostraremos algunas posibilidades.

- *Colada de cera*

  Un producto muy útil para el aprendizaje de la reproducción por colada sin temor a romper o estropear un molde es, sin duda, la cera o la parafina. Barata, reciclable y muy fácil de manejar, la cera o cualquier material de características similares permite registrar la huella de los moldes con una gran efectividad. De hecho, lo más recomendable para saber hasta qué punto se ha realizado bien un molde de escayola, excepto el molde perdido, es reproducir su forma inmediatamente después de haberlo confeccionado.



Fig. 458. El molde de escayola debe estar bien húmedo si se quiere reproducir una copia con cera fundida.

  Las ventajas son varias: por un lado, la cera o, en su defecto, la parafina, es fácil de conseguir y se funde al baño maría o con un calentador eléctrico, enfriándose rápidamente al tomar contacto con la superficie del molde de escayola recién hecho; por otra parte, la escayola, aunque dura, sigue estando bastante húmeda después del fraguado, de manera que no se necesita ningún desmoldeante, pues la cera no se adhiere a las superficies húmedas.

  En cambio, si la escayola está seca, tenemos dos opciones: aplicar algún agente separador o sumergir el molde en agua durante 15 minutos hasta que absorba suficiente agua para impedir la adherencia (fig. 458). Si se prefiere la segunda opción, no hay que preocuparse por la integridad de la escayola, pues resiste bien un baño en agua.

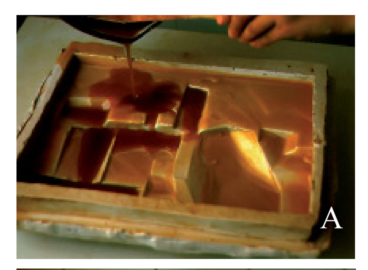




Fig. 459. Sobre el molde humedecido del relieve se vierte la cera fundida al baño maría (A) y cuando se enfría se puede ver rápidamente el resultado (B).

  Reproducir por colada una forma de bulto redondo es algo que requiere un poco más de atención que un relieve, porque en este último sólo hay que reproducir una superficie (fig. 459). En principio, la copia de cera no debe ser necesariamente maciza, aunque en piezas pequeñas es lo más cómodo (fig. 460). Este procedimiento es casi equivalente a la fabricación de las velas. Si se pretende hacer una copia hueca y ligera, el método más corriente se ilustra con la reproducción del molde de la cabeza sintética explicado anteriormente (fig. 461).

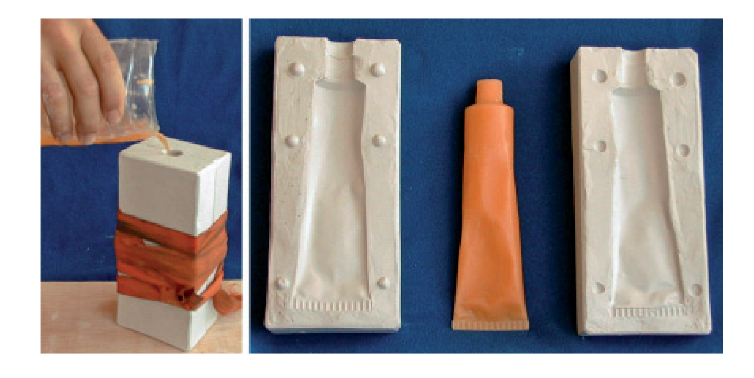


Fig. 460. En moldes pequeños o con un bebedero estrecho resulta más sencillo realizar una copia de cera maciza por colada.



Fig. 461. Proceso de reproducción con cera fundida de una copia hueca a partir de un molde de dos piezas.

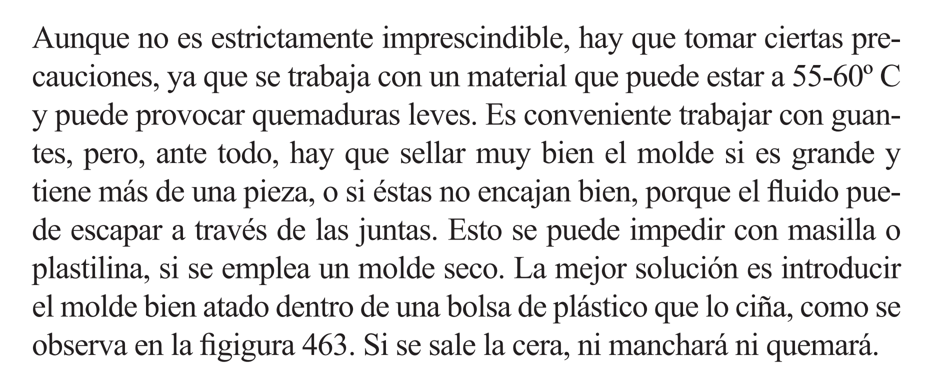
1. Se vierte la cera fundida dentro del molde hasta que llegue al bebedero. La cera tiende a solidificarse en la zona de contacto con el molde mientras el interior permanece líquido. A medida que pasa el tiempo, la capa de cera se va engrosando hacia el interior, donde todavía permanece líquida.
2. Cuando se alcanza el espesor deseado, se vacía el contenido en el calentador o en la cazuela. Se deja reposar el tiempo necesario para que se enfríe, tanto el molde, que se habrá calentado, como la cera del interior.
3. El enfriamiento se puede acelerar con agua fría por inmersión en un recipiente o bajo el grifo.
4. Se abre el molde con cuidado, y, si no tiene retenciones pronunciadas, se separa la copia del molde sin dificultad, porque la cera se puede deformar levemente para su extracción y luego volver a recolocar los volúmenes tal como estaban.
5. Se retocan las rebabas e irregularidades con cuchillas en frío o con espátulas calientes.

Ahora tenemos una réplica exacta del modelo inicial realizado en plastilina (fig. 462) y el molde está preparado para realizar otras.

En el caso de volúmenes grandes, no es imprescindible llenar del todo el interior del molde: basta con echar la cera fundida en cantidad suficiente como para cubrir toda la superficie interior del molde y después moverlo para que la cera lo cubra todo. Si la capa resultante tiene poco espesor, se puede repetir la misma operación cuantas veces sea necesario, pero procurando que la cera no esté demasiado caliente; de no ser así, la cera fundiría la que cubre la cara interna del molde y se formarían estrías y burbujas en la superficie de la reproducción.



Fig. 462. La copia hueca de cera y su molde. Ejercicio elaborado por Aaron Soto (2009).



Aunque no es estrictamente imprescindible, hay que tomar ciertas precauciones, ya que se trabaja con un material que puede estar a 55-60º C y puede provocar quemaduras leves. Es conveniente trabajar con guantes, pero, ante todo, hay que sellar muy bien el molde si es grande y tiene más de una pieza, o si éstas no encajan bien, porque el fluido puede escapar a través de las juntas. Esto se puede impedir con masilla o plastilina, si se emplea un molde seco. La mejor solución es introducir el molde bien atado dentro de una bolsa de plástico que lo ciña, como se observa en la figigura 463. Si se sale la cera, ni manchará ni quemará.



Fig. 463. Para evitar problemas, es aconsejable utilizar guantes y envolver el molde con plástico antes de la colada de cera. Si no se toma esta precaución no pasa nada con moldes pequeños, pero vale la pena prevenir riesgos.



- *Colada de barbotina*
  http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=406&lg=

Conociendo el mecanismo de reproducción por colada de cera fundida, ya no resulta complicado utilizar otro producto, sea escayola, cemento, resina u otros productos semejantes. La colada de barbotina (arcilla líquida) es, quizá, la más parecida, pero el producto se vierte en frío y la apertura del molde requiere más tiempo.

Con las imágenes del proceso entenderemos mejor las diferencias (fig. 464).

1. Se vierte la barbotina en el molde seco y cerrado hasta que sobresalga por el bebedero. Puesto que la barbotina se seca desde las paredes en contacto con el molde hacia el interior, puede haber ligeras pérdidas del material, con lo que habrá que rellenar el molde si se detecta una reducción.
2. Pasado el tiempo necesario para que se haya endurecido la arcilla en contacto con el molde, se vacía el sobrante y se deja reposar hasta que la copia de barbotina esté más seca.
3. Cuando la arcilla haya secado se desprenderá fácilmente del molde.
4. Las rebabas de la copia, formadas por la zona de las juntas del molde, se eliminan cuidadosamente con una cuchilla.

5. Finalmente, se deja secar por completo la réplica, tras lo cual se podrá cocer en el horno cerámico. Este procedimiento es el utilizado para realizar piezas de vajillas artesanales.

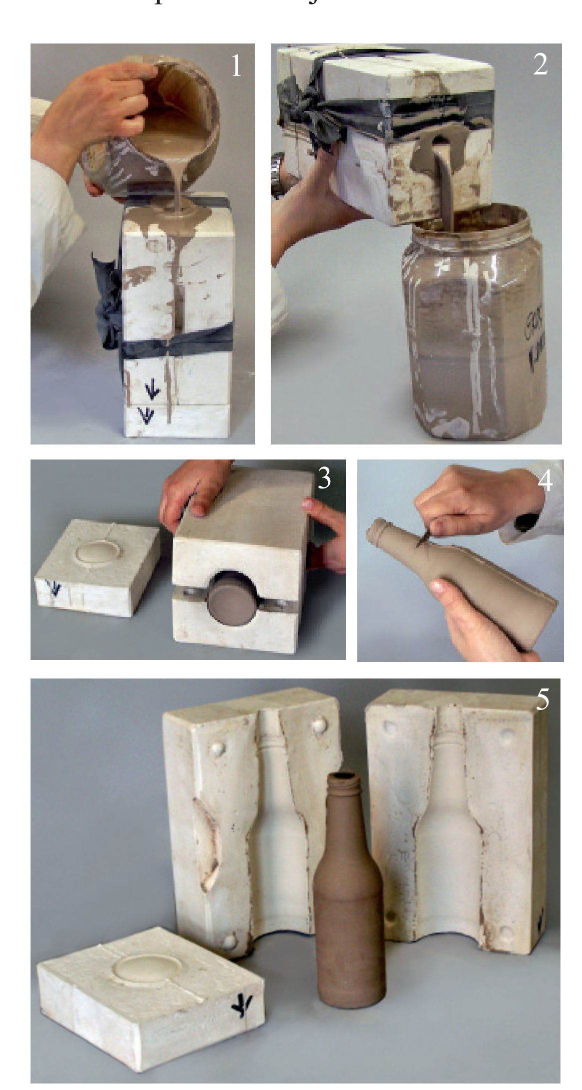


Fig. 464. Reproducción de una botella moldeada previamente con la técnica del molde en bloque. La pieza reproducida se podrá cocer en un horno cerámico posteriormente.

- *Colada de escayola*
  Al igual que la cera, la escayola es uno de los materiales más fáciles de manipular, con la diferencia de que no se puede recuperar cuando ha fraguado. La escayola en estado de lechada se adapta muy bien a formas de todo tipo. No en vano es uno de los materiales preferidos para realizar moldes y contramoldes, como ya se ha visto. A la hora de intentar reproducir con escayola cualquier molde flexible no hay que tomar ninguna precaución, al contrario que con los moldes rígidos, pues habrá que aplicar un agente de separación, cumpliendo los mismos principios que cuando se hace un molde con escayola. Los desmoldeantes son los mismos.

  La reproducción con escayola a partir de un molde del mismo material representa uno de los casos más frecuentes en el mundo de la

producción de formas plásticas, y también el más completo como ejemplo práctico. Lo que se debe hacer antes de iniciar el proceso de la reproducción es preparar el molde: cuando el molde de escayola está bien seco, se le aplican dos capas de goma laca a intervalos de 30 minutos, para cubrir todos los poros, no sólo a la huella del molde, sino también a los planos de junta. Con cera, aceite, vaselina u otros productos apropiados, se desmoldean las superficies tratadas con goma laca. Vale la pena esperar una media hora antes de seguir adelante. De manera sintética, el proceso se realiza tal como se muestra en la figura 465.

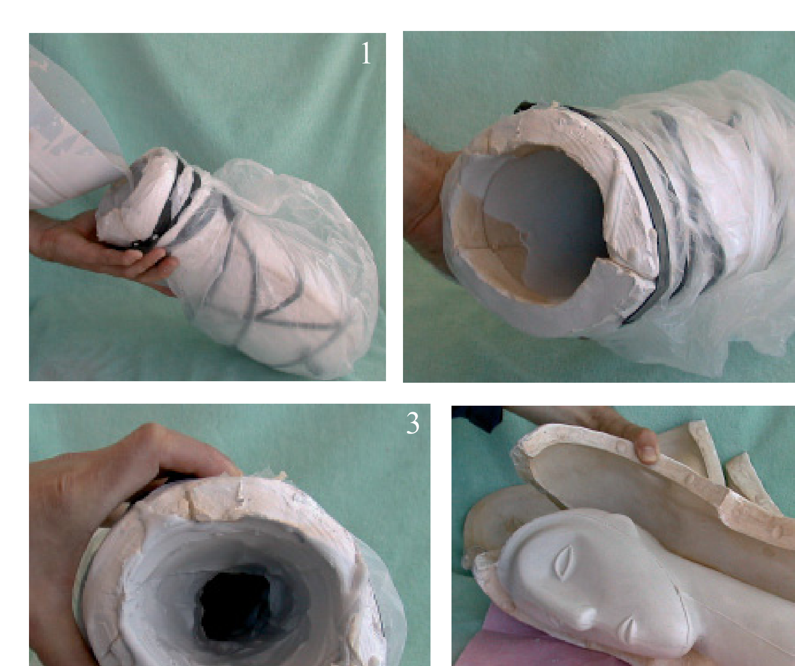


Fig. 465. Procecimiento para reproducir una copia hueca de escayola a partir de un molde en piezas. Escultura de Lizandra (1988).

1. Se cierra bien el molde y se afianzan las piezas con gomas elásticas o cuerdas tensadas. Es conveniente envolver con un plástico el molde entero. Si el molde está bien cerrado no es probable que la escayola tenga pérdidas por las juntas, pero es mejor no dejar nada al azar. Se prepara la lechada de escayola y se vierte con cuidado sobre un lateral con el fin de no generar demasiadas burbujas. Si se pretende que la reproducción sea maciza, habrá que llenar hasta el bebedero y golpear ligeramente el exterior del molde para que las burbujas asciendan hasta la superficie.
2. En el caso de una reproducción hueca, no es necesario llenar el molde: tras haber vertido escayola en el interior del molde, se agita suavemente para que la escayola vaya cubriendo una primera capa, que es la más importante.
3. Para reforzar dicha capa, se prepara más escayola que se aplica directamente con espátula o, si el hueco lo permite, a mano. También se puede reforzar con arpillera o con esparto impregnado de escayola.

4. Una vez fraguada la escayola, se procede a abrir el molde. Si es un molde perdido, se rompe con extremada atención para no dañar la copia. En este caso, el molde en piezas facilita la tarea de extracción de la réplica, aunque a veces hay que forzar ligeramente la apertura de las juntas. A partir de aquí, se retocan las irregularidades y las rebabas. Por último, se deja secar el modelo al aire.

Con moldes rígidos de materiales diferentes se trabaja de la misma manera. En todo caso, cambia el tipo de desmoldeante, que es lo primero que se debe pensar antes de comenzar la reproducción. Los moldes flexibles, por el contrario, no necesitan desmoldeante para reproducir formas de escayola ni de otros productos. Podemos apreciar, en este ejemplo, (fig. 466) la sencillez de la técnica de reproducción por colada de escayola con los moldes flexibles: después de verter la escayola líquida en el molde, se espera a que endurezca y se desprende la membrana flexible.

El mismo método se emplea con coladas de materiales plásticos, tales como la resina de poliuretano o la resina de poliéster. La ventaja de los moldes flexibles permitirá extraer copias complejas sin necesidad de utilizar desmoldeantes, como este perchero modular de pie (fig. 467).

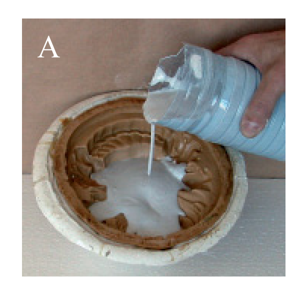






Fig. 466. Reproducción de una copia con escayola a partir de un molde flexible con contramolde.

Reproducciones por estampado

Al igual que los moldes rígidos estampados, las reproducciones de esta categoría abarcan los mismos materiales y los mismos procesos técnicos. Esto implica que quien sabe razonar y llevar a término correctamente un molde estampado puede aplicar las mismas leyes para la reproducción de copias.

- *Reproducción por estampado con cera*
  La manipulación con cera y productos similares ayuda a comprender técnicas algo más complicadas como la estratificación de resina. En consecuencia, es muy aconsejable experimentar la reproducción de moldes con cera y estratificado de cera antes de lanzarse de cabeza a trabajar con resinas y fibra de vidrio.

  No hace falta hablar más sobre los desmoldeantes, ya que se deben aplicar los mismos principios comentados con anterioridad. Veremos a continuación el estampado simple, pues el estampado estratificado se aplica de la misma manera, aunque aplicando una segunda capa de cera fundida mezclada con tejido de malla, gasa o fibra de vidrio para reforzar la estructura interior de la copia. Este sistema de estratificado sólo es necesario cuando el objeto es de gran dimensión. Una vez más, partiremos del molde de la cabeza sintética (fig. 468).

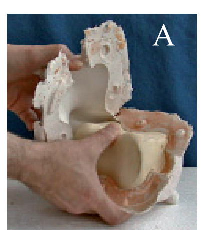




Fig. 467. Los moldes de silicona reproducen fielmente los volúmenes y las superficies de los objetos y permiten la extracción de numerosas copias con cualquier material sin problemas (A). Perchero modular de pie, realizado con resina de poliéster tintada (B). Diseño de Sofía Saborido (1999).



Fig. 468. Método para realizar una copia por estampado con cera.

1. Como se va a trabajar con cera, el molde de escayola tiene que estar bien húmedo. Seguidamente se extiende la cera fundida con una brocha que se impregna cada vez en la cazuela que contiene el preparado: se aplican capas sucesivas en ambas cáscaras del molde hasta considerar suficiente el espesor de la reproducción. Con este sistema, la cera solidifica bastante rápido.
2. Se cierra el molde porque hay que unir las dos piezas desde el interior, y se vierte un poco de cera líquida, que actuará de unión entre las capas de cera estampada en la zona de junta.
3. Con la brocha se extiende la cera en la zona de junta interior.
4. Poco después, se abre el molde, que permite ver el resultado, y se extrae la copia de la misma manera que en la reproducción por colada.

La cera fundida ha cerrado la junta entre las dos piezas, pero también ha generado una rebaba en esa misma línea que se debe cortar. De nuevo obtenemos una copia de volumen idéntico al original y a la copia realizada anteriormente (fig. 469).

Fig. 469. El modelo de cera estampada presenta las rebabas laterales debidas a la línea de junta. Ejercicio elaborado por Aaron Soto (2009).

La limpieza de los utensilios, si no se van a utilizar más, se logra con esencia de trementina (aguarrás) o en agua hirviendo.

- *Reproducción con resina de poliéster y fibra de vidrio*
  http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=400&lg=

  http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=402&lg=

  http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=403&lg=

Aunque sólo sea por ilustrar, pues explicar esta técnica requiere algo más que unas pocas páginas, la técnica del estampado con resina de

poliéster y fibra de vidrio es muy interesante para desarrollar modelos a escala real de gran resistencia , o, como en el caso de las imágenes que acompañan estas palabras, el desarrollo de un prototipo de asiento (figs. 470 y 471).



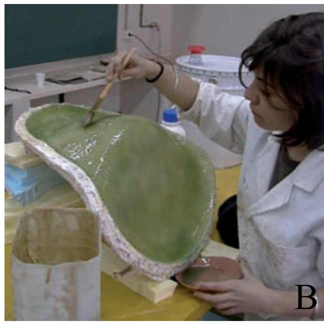




Fig. 470. A partir del molde en piezas de un modelo a tamaño real (A), se ha realizado una copia por estampado de resina estratificada con fibra de vidrio, pieza por pieza (B). Posteriormente, se ha extraído la copia de resina y se han tocado y reforzando las zonas que lo necesitaban (C).

En resumen, a cada material le corresponde una técnica más o menos adecuada, y una expresión visual diferenciada, pero para experimentar y aprender hay que practicar, y mucho.



Fig. 471. Prototipo de asiento de resina de poliéster estratificada. Diseño y elaboración de Silvia Rueda (2000).

H) *PREVENCIÓN DE RIESGOS*

Como en todo trabajo manual, hay que observar unas mínimas normas de comportamiento con la finalidad de prevenir cualquier accidente o lesión, y por tal motivo vamos a indicar seguidamente las más importantes:

1. En la manipulación de productos que puedan afectar a la piel por contacto, es imprescindible emplear guantes apropiados, mejor cuanto más ceñidos a las manos.
2. Al preparar compuestos, en frío o en caliente, es necesario conocer el orden de añadido de cada producto, pues de otro modo, se pueden activar reacciones imprevistas que malogren la mezcla o puedan resultar nocivos (emanación de gases, explosión, etc.).
3. Si hay riesgo de emanación de humos o gases tóxicos, de levantamiento de polvo en el ambiente o salpicaduras nocivas, se debe utilizar una máscara con filtro apropiado. No existe una máscara de tipo universal que sirva para todo.
4. Ante la probabilidad de salpicaduras de material corrosivo o dañino para las mucosas, así como de polvo, arenilla u otros elementos similares, es siempre aconsejable el uso de gafas protectoras o pantallas transparentes que prevengan el contacto con los ojos.
5. Aunque resulta obvio, hay que leer todas las etiquetas informativas de cualquier producto y seguir las indicaciones establecidas por los fabricantes.
6. La realización de un molde, o la reproducción del mismo, requiere tiempo y un espacio adecuado: antes de comenzar una actividad de esta clase, hay que reflexionar acerca de lo que se va a hacer, los materiales que se van a necesitar y el tiempo disponible. Por ejemplo, cuando se haya de hacer un molde de escayola, es preferible realizar



Fig. 472. Vale la pena emplear botes (mejor de cristal) para contener tapaporos, como la goma laca y los desmoldeantes, como la vaselina o la cera. Es imprescindible que cada producto tenga asignado un pincel o una brocha, porque así se evitan mezclas inoportunas. También son muy útiles los botes de plástico de distintos tamaños, que se pueden conseguir a partir de botellas de desecho, así como algún dosificador.

la tarea de un tirón, pero sin prisa, sobre todo si el modelo original es de arcilla húmeda.

I) *RECOMENDACIONES Y PRECAUCIONES CON LA ESCAYOLA*

No podemos concluir este capítulo sin antes mencionar algunas recomendaciones que a buen seguro servirán para facilitar cualquier tarea en la que se vea implicado el uso de la escayola.

1. Al preparar la escayola hay que tener en cuenta el proceso de fraguado, de manera que cuando ya se ha removido la masa, el tiempo para trabajar es limitado, a menos que se hayan añadido productos retardadores.
2. Si se pretende sacar el máximo rendimiento de impresión de los detalles que se quieren reproducir, la escayola debe tener una consistencia de «lechada» (estado de líquido cremoso que posee apenas se ha removido la masa) y verterla lentamente y cerca de la superficie de contacto con el fin de evitar la formación de burbujas. A veces es preciso soplar sobre la lechada ya vertida para adaptarla a las zonas de difícil acceso; otras, es mejor hacer vibrar ligeramente el soporte para eliminar, además, las burbujas.
3. Cuando se tiene que realizar más de una capa de escayola, deberemos esperar a que la primera tenga la suficiente consistencia como para poder añadir más sin arrastrar la ya depositada, lo cual crearía grietas en la zona de contacto.
4. Para no estropear cubetas industriales y al mismo tiempo ahorrar recuperando material de desecho, es preferible recortar la base de los bidones de plástico (los que se emplean para contener agua o detergentes) a la altura deseada según las cantidades que se prevé preparar. Si las cantidades de preparado no han de ser grandes, también se puede emplear media botella de plástico, como las de agua, lejía y otros productos envasados de esta manera.
   Si no hay otra alternativa, también se puede preparar escayola en una palangana o cubeta normal, pero para no ensuciarla ni estropearla, se le adapta una bolsa de plástico, de la misma manera que se adapta una bolsa a un cubo de basura: de este modo se prepara la escayola dentro de la bolsa de plástico y después se tira directamente a la basura sin dañar la cubeta que actúa como contenedor.
5. Si sobra escayola, se elimina de la cubeta cuando todavía está tierna, tirándola a la basura directamente y se deja endurecer el resto en las paredes de la cubeta empleada. Cuando la escayola ha fraguado por completo, basta con presionar en las paredes de la cubeta para que el material endurecido se desprenda y tirarlo como el sobrante anterior. También se puede utilizar un viejo estropajo, un ovillo de esparto o similar para frotar las paredes interiores de la cubeta.

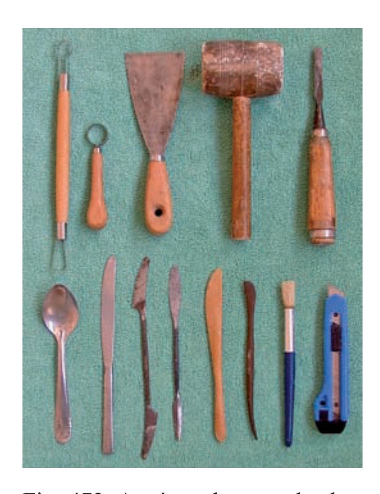


Fig. 473. Aquí se observan las herramientas más prácticas para realizar moldes y reproducciones. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: vaciadores, espátula, maza, formón, cuchara sopera, cuchillo de punta redonda, espátulas para yeso, palillos de plástico para modelado, una brocha y un cúter. Indudablemente, se puede prescindir de alguna de ellas, ya que cada uno acaba por tener sus preferencias.

6. Conviene siempre limpiar las manos y los utensilios antes de que el yeso endurezca. Si no es así, habrá que hacerlo en seco tirando los residuos a la basura, no al fregadero.
7. No hay que limpiar los utensilios con incrustaciones de yeso duro o verter la escayola directamente al lavadero, pues éste se embozaría rápidamente. Para que esto no ocurra se puede optar por colocar una cubeta con sumidero elevado y tamiz incorporado o lavar todos los utensilios en una cubeta dejando que el yeso se deposite en el fondo al cabo de una media hora: sólo en este momento y con mucho cuidado se echa el agua exenta de yeso por el lavadero y el yeso depositado en el fondo a una bolsa de plástico o papelera (figs. 474 y 475).
8. Los objetos de yeso no deben cubrirse con plásticos, sobre todo en los primeros días posteriores al fraguado, porque la humedad del material favorecería la formación de moho y otros hongos.
9. El yeso es muy higroscópico (absorbe la humedad ambiental con facilidad), por lo que habrá que evitar siempre estructuras y armazones de madera que se hincharían fracturando el material adyacente. Tampoco son recomendables los metales que se oxidan, no tan sólo porque las sales desprendidas saldrían a la superficie del objeto manchándolo, sino porque el óxido aumenta de tamaño y sucedería lo mismo que con la madera y otros materiales parecidos. Por lo tanto, es conveniente emplear, si es necesario, cañas, esparto, arpillera, fibra de vidrio, acero inoxidable, etc. En última instancia también se puede utilizar cualquier metal siempre y cuando esté tratado con pintura protectora.
10. Cuando no se utiliza el yeso (la escayola), hay que almacenarlo en un lugar bien seco y, a ser posible, ligeramente por encima del suelo, procurando que no caigan gotas de agua en el material. Este producto también tiene su fecha de caducidad: acaba por deteriorarse con el paso del tiempo.

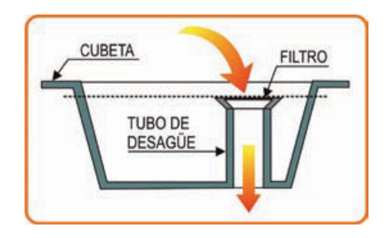


Fig. 474. Este es el esquema de cómo se podría construir una cubeta «quita y pon» para no obturar los desagües con escayola al lavarse las manos o los utensilios. Practicando una perforación en la base, se adapta a ésta un tubo que se habrá de pegar y sellar a la junta para evitar pérdidas de agua. Éste será el tubo de desagüe al que se le colocará un filtro o un trozo de tela metálica en el extremo. Dicho tubo no deberá sobrepasar nunca el borde de la cubeta, puesto que interesa que el agua alcance su máximo nivel en la boca del tubo (línea discontinua).

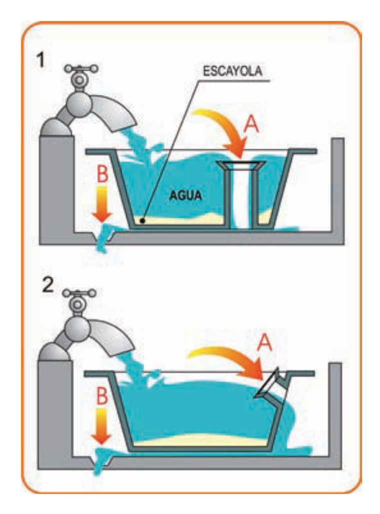


Fig. 475. Dos versiones distintas de la cubeta para evitar taponamientos de desagüe: en ambas, el agua alcanza la altura del tubo de desagüe (A) y se desborda saliendo de la cubeta para llegar al desagüe de la pila (B), mientras que el yeso o la escayola se ha ido depositando en el fondo de la cubeta.

J) *CUADRO GENERAL DE LOS DESMOLDEANTES*

Se ha hablado bastante sobre los agentes de separación, tanto entre modelos y moldes como entre los moldes y sus reproducciones, pero siempre es interesante tener un resumen esquemático de consulta para completar la información sobre este tema.

Para la mejor comprensión del cuadro que se muestra (fig. 476), consideraremos que: las letras indican el producto correspondiente; el signo de suma implica que se aplican dos o más productos en el orden que se establece; la barra separa los diferentes productos que se pueden aplicar indistintamente, pero no al mismo tiempo ni sucesivamente; una letra entre paréntesis señala que la aplicación de ese producto es opcional.

DESMOLDEANTES MÁS APROPIADOS EN FUNCIÓN DE LOS MATERIALES

	MATERIAL DE MOLDEO									
MATERIAL DEL OBJETO PARA MOLDEAR	ARCILLA PLÁSTICA (HÚMEDA)	PLASTILINA	ESCAYOLA Y OTROS YESOS	CERA Y PARAFINA	RESINAS ESTRATIFICA-DAS: (POLIÉSTER, POLIURETANO Y EPOXY)	RESINAS POR COLADA: (POLIÉSTER, POLIURETANO Y EPOXY)	LÁTEX	GELATINA VINÍLICA	CAUCHO SILICONA	GELATINA ORGÁNICA
ARCILLA PLÁSTICA	---	---	A	A	---	C+D	---	---	A	---
PLASTILINA	---	---	A	A	---	B+C+D	A	---	A	---
ESCAYOLA Y OTROS YESOS	I/E	I/E	B+C F/G/ H/J	B+C (**2**)	B+C+(D) B+G	B+C+D/B+G	A	B+C/ B+H	(A)/B /C	B+C +(G)
CERAS	I/E	I/E	H/F/ G (**2**)	H/E	C+D/G	C+D/G	A	---	A	G/A
RESINAS: POLIÉSTER, POLIURETANO Y EPOXY	I/E	I/E	G/J	B+C	C+D/G	C+D/G	A	G	A	G/H/ C
POLIESTIRENO EXPANDIDO	A/I	I/A	G/J	G/H	(**3**)	(**3**)	A	---	A	H/G
MADERA	A/I	I/A	G/C	B+C	C+D/G	C+D/G	A	G	A/B	C
METAL	A/I	I/A	G/C	E	C+D/G	C+D/G	A (**1**)	A	A	A/G/ H
CERÁMICA Y MATERIALES PÉTREOS	A/I	I/A	B/C	E/H/ G	C+D/G	C+D/G	A	G	C	C/G
VIDRIO Y PLÁSTICOS	I/E	I/E	C/D/ E/F/ G	H/G/ E	C+D	C+D/G	A	G	A	A/C/ G

Fig. 476. Cuadro de desmoldeantes. Estos son los productos correspondientes a cada letra.

(A) sin desmoldeante
(B) goma laca preparada con alcohol
(C) cera desmoldeante líquida o en pasta
(D) alcohol polivinílico (PVA)
(E) silicona en aerosol
(F) preparado de jabón o jabón líquido
(G) vaselina
(H) aceite
(I) talco
(J) barbotina

NOTA: el uso de alcohol polivinílico (D) es opcional en la mayoría de los casos; su aplicación sobre la cera (C) mejora la capacidad desmoldeante.

2.1.3. Configuraciones sustractivas: la talla como expresión del volumen de un modelo

Hablar de configuraciones sustractivas no es otra cosa que hablar de un proceso mediante el cual se elimina material de un bloque hasta alcanzar la forma prevista. El nombre más común de este principio es la talla. Tallar significa, pues, vaciar, quitar, suprimir lo innecesario de una forma tridimensional. Esta técnica ancestral se empleó para realizar herramientas de madera o de hueso en sus orígenes, y sobre estos utensilios el ser humano le imprimió un carácter estético mediante adornos y formas variadas que aún hoy se siguen manifestando (fig. 477). No se sabe si, posteriormente o al mismo tiempo, el espíritu creador de nuestros antepasados más remotos desarrolló el arte de la escultura, tallando piedra, madera y todo lo que pudiera reducirse a formas mediante la sustracción, constituyéndose como la expresión más perdurable del arte desde tiempos inmemoriales (fig. 478).



Fig. 477. En esta herramienta de carpintería (garlopa), el sentido estético va más allá de lo funcional y la talla de madera produce formas plásticas muy interesantes.



Fig. 478. La escultura en piedra es una de las técnicas artísticas más complejas y parece increíble que de un bloque de piedra pueda surgir una forma reconocible. Escultura de Lizandra (1985).

En el diseño tridimensional, el proceso conceptual de desarrollo de ideas ha hecho uso de esta técnica porque permite materializar volúmenes que son más difíciles de realizar con otras técnicas. Actualmente se han desarrollado mucho los medios informáticos en el ámbito de la expresión tridimensional virtual, pero la necesidad de sentir, ver y tocar las formas, la sensibilidad de configurar con medios artesanales un objeto que sale a la luz desde dentro de un bloque no ha sido superada por la informática. Hoy en día, a pesar de estos avances tecnológicos, el diseño industrial necesita dar forma física a las ideas, aunque sea de manera sintética. Más que nada, porque algunos prototipos deben probarse y experimentar su comportamiento frente al usuario. En este y otros casos, los materiales para elaborar los diseños pueden ser muy variados, pues unas veces se ha utilizado la madera o los materiales derivados (fig. 479), y otras, las espumas rígidas (fig. 480).



Fig. 479. Prototipo de caballete. Diseño de Francisco J. García (1999).

Al igual que la técnica aditiva, esta es una técnica de configuración plástica bastante asequible y relativamente sencilla, y se aplica tanto en fases iniciales de experimentación conceptual de ideas como en la expresión de modelos volumétricos de presentación.



Fig. 480. Modelo de taladro realizado con espuma de poliestireno. Diseño de Raúl Felici (1996).

A) *LAS ESPUMAS RÍGIDAS*

http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=407&lg=

De todos los materiales posibles, las espumas artificiales son materias plásticas que combinan dos características muy particulares: mucho volumen y poco peso. Las hay blandas, como las esponjas que se emplean para el aseo personal, y rígidas, como las planchas de espuma que sirven para aislar tabiques, cámaras frigoríficas, etc. Pero si de lo que se trata es de diseñar y materializar un objeto, no cabe duda de que la espuma más útil será la

rígida, ya que el proceso de configuración tridimensional de un modelo exige un material adecuado a las ideas desarrolladas. Según lo dicho, los diferentes tipos de espumas rígidas existentes se caracterizan por su relativa consistencia y aparente solidez. Son ligeras, porque la masa de la espuma está llena de aire en forma de burbujas, mientras que su rigidez es intrínseca al material que lo constituye. El desarrollo industrial de estos productos deriva de la observación funcional de la naturaleza, pues en ella se dan numerosos casos que presentan estas particularidades. Ciertas esponjas marinas, la madera de balsa, la corteza del alcornoque, la piedra pómez y otras muchas formas del mundo natural, se podrían considerar, hasta cierto punto, espumas rígidas (fig. 481).

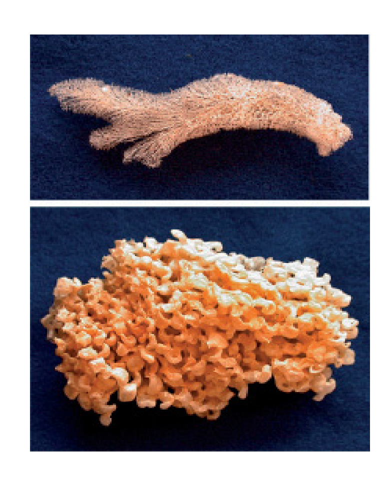


Fig. 481. Dos estructuras vegetales marinas que reflejan un mismo principio estructural: volumen, poco peso y consistencia relativamente rígida.

Desde sus inicios en los años treinta, las espumas rígidas artificiales se han venido utilizando como aislantes térmicos, sonoros y eléctricos. Pero también como material básico para la realización de decorados escenográficos, simulación de ornamentos arquitectónicos, objetos de demostración museística e, incluso, para la ejecución de personajes en las fallas y de figuras escultóricas (fig. 482).



Fig. 482. Reproducción de una escultura cicládica realizada con espuma de poliestireno.

Las espumas más comunes suelen ser de poliuretano o de poliestireno, y ambas se emplean profusamente en el ámbito de la producción de formas plásticas. Lo más conveniente es adquirir este producto ya preparado en forma de planchas o en bloques. Puede que a alguien se le ocurra tratar de hacer un bloque con un aerosol de espuma de poliuretano, la que se utiliza para inyectar como aislante o relleno en huecos de obra. Nuestro consejo es que desista, porque no saldrá bien y le resultará más caro.

El trabajo con poliuretano tiene la ventaja de ser más blando que el poliestireno, pero requiere tener mucha precaución al ser manipulado, ya que al lijarlo desprende muchas partículas en suspensión que no deben inhalarse, como tampoco deben respirarse los gases que se producen al cortar con la sierra termoeléctrica, pues, tanto el poliestireno como el poliuretano emiten vapores tóxicos al quemarse.

Dado que se trata de materiales relativamente blandos, se pueden configurar objetos de cualquier forma y tamaño, para lo cual sólo hace falta adquirir destreza en la talla y paciencia en el lijado.

B) *LA SIERRA TÉRMICA*

En principio, para trabajos esporádicos con estos productos no es imprescindible adquirir herramientas específicas, pues, dada su consistencia, son fáciles de cortar y de lijar. Pero, como en toda técnica de configuración tridimensional, conviene tener o procurarse algunos útiles que facilitarán la tarea en cada fase del proceso de ejecución de un modelo.

Los profesionales que han de trabajar a menudo con este material poseen en sus talleres unas mesas especiales, semejantes en lo básico a la que se muestra en este dibujo (fig. 483): a estas mesas se les adapta un soporte a modo de arco, en cuyo extremo se tensa un hilo de nicromo (aleación inoxidable de níquel, cromo y hierro) que se calienta al pasar corriente de bajo voltaje a través de él. Al calentarse, este hilo metálico actúa como una sierra que funde la plancha o el bloque de espuma de poliestireno en la línea que traza dicho hilo, motivo por el cual el corte resulta más limpio que si se realizara con una cuchilla. A este artilugio también se le conoce como sierra térmica.

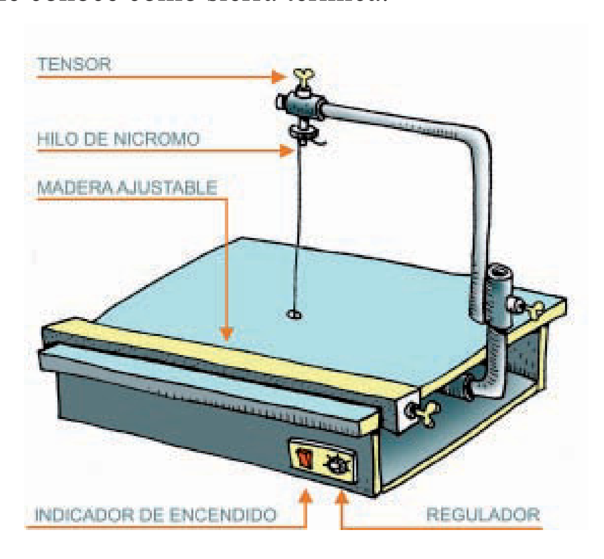


Fig. 483. Esquema de una sierra térmica sencilla con sus elementos básicos.

Además de realizar cortes rectos a 90º se pueden realizar cortes de distinto ángulo y, si se acopla un mecanismo giratorio, es fácil generar distintas figuras de revolución (conos, cilindros, etc.) empleando el mismo principio que el torno. En caso de girar el bloque mientras se corta, el efecto final sirve para dar forma a sólidos de revolución, desde simples cilindros hasta esferas y balaustres mixtilíneos.

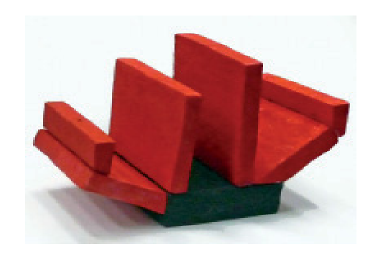


Fig. 484. La espuma de poliestireno puede ser útil para elaborar diseños constructivos rápidos, pero si se pretende una mayor calidad de presentación, las piezas pueden realizarse mejor con madera, DM u otros materiales más adaptados a las formas previstas.

Para un principiante, todo esto puede parecer complejo y de difícil adquisición, pero, como veremos más adelante, con herramientas sencillas también se pueden realizar modelos volumétricos de todos los tamaños y formas imaginables. Lo que importa siempre es aplicar el sentido común y considerar que las espumas rígidas no son sustitutos de maderas u otros materiales a la hora de plantear y configurar objetos. Es decir, que si se tiene que trabajar de manera constructiva, es mejor emplear tableros y varillas, mientras que si se pretende desarrollar formas volumétricas de cualquier tipo el material más apto es la espuma rígida, sea de poliestireno o de poliuretano (figs. 484 y 485).



Fig. 485. Las espumas rígidas sirven, sobre todo, para desarrollar volúmenes variados y complejos, desde formas orgánicas a formas más geométricas. Modelo de radiodespertador. Diseño de Nicolás Oliva (2003).

Puesto que este aparato se acciona con corriente de bajo voltaje es poco probable padecer un accidente por electrocución. El único peligro, y es mínimo, está en la posible quemadura que produce el hilo de nicromo con el máximo voltaje. Sin embargo, sí que se deben tomar precauciones para no dañar el hilo ni la espuma en el proceso de corte. Por medio del regulador de temperatura se puede agilizar el corte, pero del mismo

modo es importante saber que el poliestireno expandido (el blanco) es más sensible al calor que el poliestireno extrusionado (el azul o el amarillo), y más aún que ciertas espumas blandas, como la goma espuma, que también se pueden cortar con este instrumento.

Hay que razonar: para cortar limpiamente un bloque grande se necesita que el hilo esté más caliente o ir cortando sin ejercer demasiada presión contra él (fig. 486-A), pues si se empuja el bloque con prisa o con un exceso de fuerza (fig. 486-B), no sólo la superficie de corte será irregular, sino, lo que es peor, que puede romperse. Tampoco es adecuado pensar que esta acción se debe hacer lentamente, ya que el calor del hilo derretirá más poliestireno en la línea de corte, provocando mayor rugosidad en la superficie cortada (fig. 486-C).

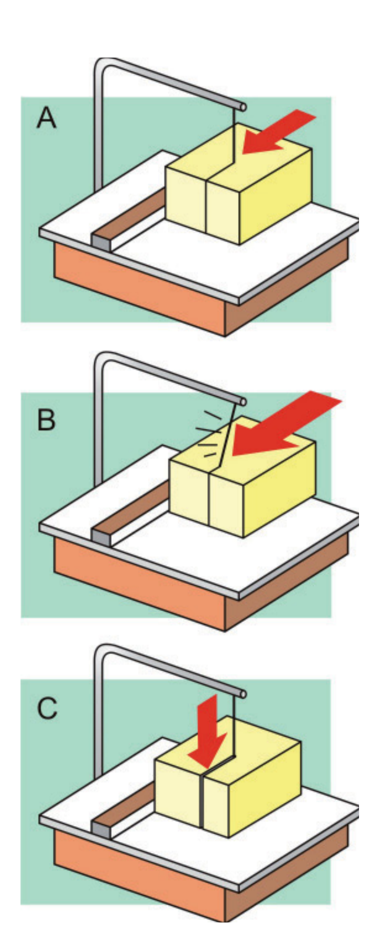
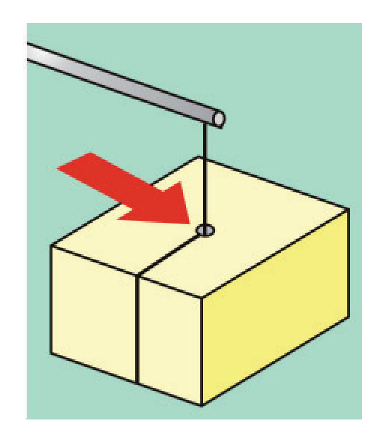


Fig. 486. Es conveniente saber aplicar la fuerza de empuje apropiada para realiza run buen corte.

Pero si tan malo es ir deprisa como ir muy lento, menos recomendable es dejar la pieza de poliestireno a mitad de corte con el hilo caliente: el calor del hilo fundirá el material a su alrededor generando un hueco cilíndrico a lo largo del bloque, como señala la flecha en la ilustración (fig. 487). Si, por algún motivo, se engancha el poliestireno mientras se efectúa un corte, es necesario desconectar el aparato y después extraer con cuidado el bloque retrocediendo respecto a lo ya cortado. Al final, una toma de contacto inicial con pruebas de distinta índole y la experiencia adquirida con la práctica, enseñarán al principiante la manera correcta de actuar en cada situación.

La sierra térmica de hilo recto permite cortar bloques y planchas de espuma rígida con formas prismáticas, piramidales y poliédricas, si se utiliza con la adecuada destreza y se estudia previamente la forma que se ha de resolver. Se pueden tallar, incluso, figuras de revolución, en el caso de que se disponga de un dispositivo de giro que se adapta a la madera ajustable (fig. 488-A). Al girar la manivela, se mueve el disco con clavos que sujeta el bloque de espuma haciéndolo girar a su vez. Si el bloque entra en contacto con el hilo caliente de nicromo, mientras gire se irá cortando en forma cilíndrica (fig. 488-B). La distancia del hilo al centro del soporte con clavos determinará el radio de la figura.

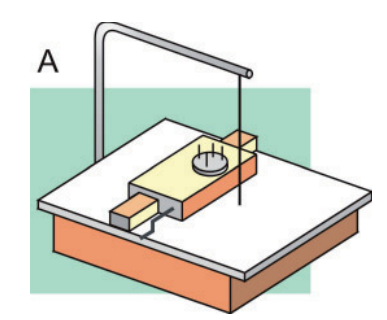

Fig. 487. Si mientras se corta con la sierra termoeléctrica, se para el bloque, el calor del hielo consumirá parte del material a su alrededor.

No obstante, a falta de este utensilio, se puede aplicar otra técnica que se emplea para recortar bloques de estructura semejante: aquellas con aspecto extrusionado, cuyas bases son iguales y paralelas entre sí. El método de trabajo con la ayuda de la sierra térmica, aplicable por igual a otro tipo de figuras similares, sería como sigue (fig. 489):

1. Saber cuál va a ser la apariencia del objeto pretendido, para obtener las plantillas precisas.
2. Una vez recortadas las plantillas de cartulina con la forma de la base pretendida, se unen a las correspondientes bases del bloque de poliestireno, procurando que queden bien alineadas una respecto a la otra

(como si la plantilla inferior fuera la proyección ortogonal de la plantilla superior).

3. Para unir las plantillas al bloque se puede utilizar adhesivo de doble cara o clavando agujas de cabeza en las plantillas.
4. Una vez dispuesto todo, se inicia el corte de poliestireno hasta que el hilo de nicromo llega a las plantillas.
5. Puesto que el calor del hilo no afecta a la cartulina, se puede seguir el perfil de las plantillas, procurando que el hilo esté siempre en contacto con las dos al mismo tiempo.
6. Una vez cortada la pieza, se desprenden las plantillas de cartulina y se extrae la forma del bloque original.
7. Según los casos, el objeto diseñado puede ser, precisamente, el volumen negativo. Otras veces, los dos, para realizar volúmenes complementarios de todo tipo.



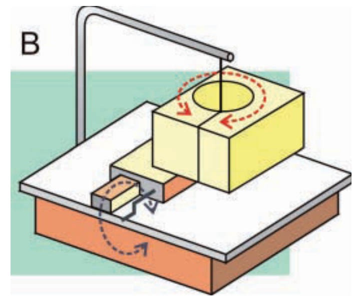
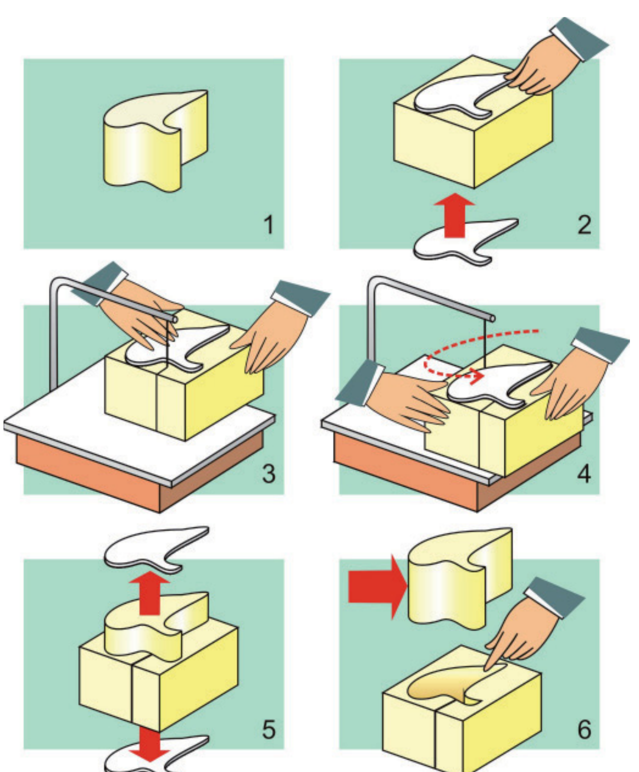


Fig. 488. Con el dispositivo de giro se pueden realizar cortes en forma de figuras de revolución.



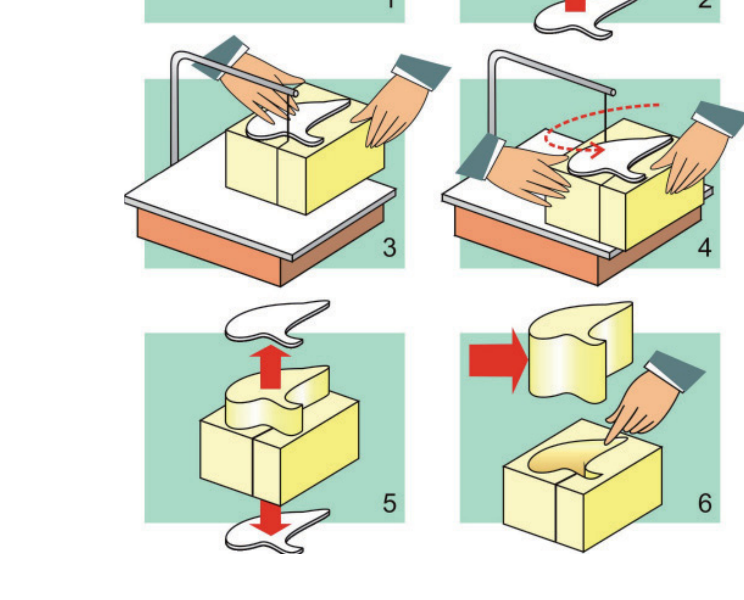


Fig. 489. Método para cortar un bloque con aspecto extrusionado mediante plantillas de cartulina.

C) *UTENSILIOS PRÁCTICOS*

Aunque el uso de la sierra térmica es interesante, muchas veces, al entrar de lleno en el trabajo con las espumas rígidas, resulta más fácil trabajar con herramientas más sencillas y corrientes. De hecho, para dar forma a un bloque de poliestireno o de poliuretano nos bastaría con unas cuantas lijas de distinta graduación y algo de paciencia. Nada más. También hay utensilios que facilitan ciertas tareas y procuran una mayor agilidad en el proceso de talla y desbaste, más aún cuando hay que eliminar gran parte del volumen del material antes de llegar a la forma imaginada (fig. 490).



Fig. 490. Algunas de las herramientas más útiles para trabajar con las espumas rígidas son muy comunes y sencillas: escofinas, lijas de distintos granos y soportes variados para adaptar las lijas.

Las fases de trabajo para elaborar un modelo con poliestireno o poliuretano no son muy diferentes de las que se siguen en cualquier proceso de talla con otros materiales: primero se eliminan las porciones más grandes mediante corte y después se sigue el desbastado con abrasión de mayor a menor grado, hasta llegar al acabado (fig. 491). Todas las espumas rígidas se pueden cortar con sierras para madera y para metal, pero también con cuchillas bien afiladas. Tras alcanzar una aproximación a la forma general del objeto diseñado, se continúa la labor con ayuda de escofinas y lijas gruesas. Cuando se está próximo a la definición más ajustada de la forma, es el momento de utilizar las lijas de grano medio que, según la topología de la superficie, convendrá adaptar a soportes con formas planas, curvas o en ángulo.





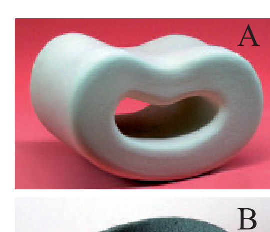

Fig. 491. Las espumas se pueden cortar con sierras para metal o madera y con cúter; se pueden lijar comenzando con escofinas y después con lijas para madera.

La mención de las herramientas citadas no limita el campo de la experimentación. Cada uno es libre de buscar su propio camino y estilo peculiar con el único requisito de que el resultado, al final, sea el que uno realmente buscaba, o, por lo menos, se le parezca.

D) *PROCEDIMIENTOS PARA CONFIGURAR VOLÚMENES*

De los dos tipos de espuma de poliestireno a los que hemos hecho referencia con anterioridad, es mejor trabajar con el poliestireno extrusionado, más denso y resistente. No es que el «corcho blanco» sea inaceptable, pero sí resulta algo más difícil, aunque no imposible, de manejar y lograr modelos de acabado óptimo. En cuanto a la espuma de poliuretano sólo hay que considerar que se pueden encontrar tres tipos diferentes de espuma cuya diferencia para el trabajo de tallar es la mayor o menor resistencia a la presión mecánica (fig. 492). De los tres tipos, el más adecuado para desarrollar formas es el de color amarillo, más compacto y resistente, que, además, se puede conseguir en bloques de tamaños variados (A). Los otros dos tipos de espuma de poliuretano son bastante conocidos por servir de base a flores secas y artificiales (B) o las espumas hidrófilas, que absorben agua, para flores y plantas naturales (C).

De todas las espumas nombradas, la desventaja que presenta el poliestireno más denso, el extrusionado, es que sólo se puede adquirir en forma de planchas de entre 2 y 5 cm de espesor, lo mismo que el poliuretano seco para flores artificiales. Esto implica que, muy a menudo, se tengan que pegar distintas piezas para obtener un volumen adecuado a la necesidad del momento.







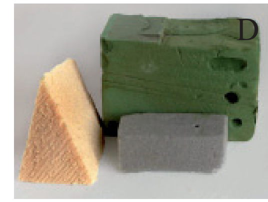


Fig. 492. Tres tipos de espuma de poliuretano materializados como modelos: (A) modelo de taburete balancín a escala real (poliuretano denso) diseñado por Bibi Montañés (2005); (B) modelo de asiento orgánico (poliuretano seco para plantas artificiales), diseñado por Ana Torralba (2005); (C) modelo de radiodespertador orgánico (poliuretano hidrófilo). Los tres tipos de espuma en bruto (D).

Para diseñar y dar cuerpo a un modelo con estos materiales, es frecuente pasar por las siguientes fases:

- Corte de las piezas que se han de ensamblar.
- Unión de las planchas para proporcionar el volumen ideado.
- Desbastado del bloque y aproximación a la forma.
- Acabado superficial y definición de la forma.
- Nivelado superficial.
- Tratamiento superficial (pintura, barniz, etc.).

Esto no implica que siempre se sigan estos pasos, pues, muchas veces, el modelo es reducido y no se precisa encolar varias planchas para reproducir su volumen. O el acabado de la espuma lijada es el adecuado para la presentación del modelo y no requiere ni nivelado ni otro tratamiento superficial (figs. 493 y 494).

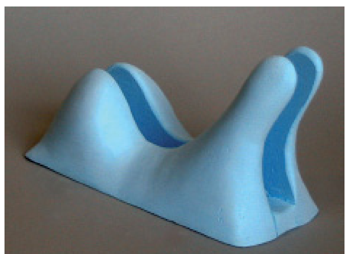




Fig. 493. Modelo de aparcabicis orgánico realizado con poliestireno sin masillar ni pintar. Diseño de Enrique Lluna (2004).

En estas condiciones, vamos a tratar de ver algunas posibilidades de trabajo para entender el camino que se puede seguir en función de la forma que deba tener el modelo tridimensional.



E) *POLIESTIRENO EXTRUSIONADO: CORTAR Y PEGAR*

Cuando no se tiene a mano un bloque de material para tallar y se tiene que recurrir a planchas o a retales, se debe pensar en el modo de recortar las piezas para luego unirlas. En general, lo más rápido es recortar la plancha en formas simples y encolarlas formando un bloque prismático, sea cual sea la forma que haya que dar al poliestireno (fig. 495), pero esta actitud puede generar un par de inconvenientes:





Fig. 494. Modelo de aparcabicis orgánico elaborado con poliestireno sin masillar, pintado con pintura acrílica. Diseño de Iris Sánchez (2004).

- El proceso de desbastado y aproximación a la forma será más largo.
- Al encolar las superficies de los distintos trozos, el pegamento utilizado, más resistente a la acción mecánica, sobresaldrá respecto a la superficie del objeto tras el lijado final.

Esto, en el fondo, no es un gran problema excepto cuando se trate de realizar un objeto de grandes dimensiones, porque entonces, de hacerlo macizo, se desperdiciará mucho material y resultará económicamente caro. En casos en los que la pieza sea voluminosa, siempre es preferible hacerla hueca y tratar de recortar las piezas para encolar con la forma aproximada del perfil del diseño.

Si, por ejemplo, se tuviera que realizar un gran cono (fig. 496), extraer la figura a partir de un bloque resultaría costoso en todos los sentidos, porque habría que extraer mucho material antes de alcanzar la aproximación a la forma (A). Ya que se tendrá que emplear el sistema de planchas adheridas entre sí, conviene calcular las secciones del objeto

en función de la altura de las planchas, como en un sistema de planos acotados (B). Lo más racional es recortar las planchas de poliestireno o de poliuretano con la forma del perfil del objeto, de manera que cuando éstas formen el bloque, muestren un aspecto próximo a la forma final (C). Pero también es importante comprender que la forma puede ser hueca y, por lo tanto, se pueden recortar las secciones interiores, dejando, claro está, un gran margen respecto a la sección exterior (D). En casos como éste se puede recurrir a retales que se adhieren entre sí para dar lugar a la sección deseada.

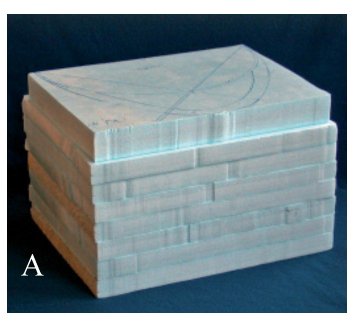




Fig. 495. Cuando los diseños no son muy grandes, hay quien prefiere comenzar pegando las planchas de poliestireno formando un bloque prismático (A) para después cortar y desbastar el prisma hasta aproximarse al volumen ideado (B).

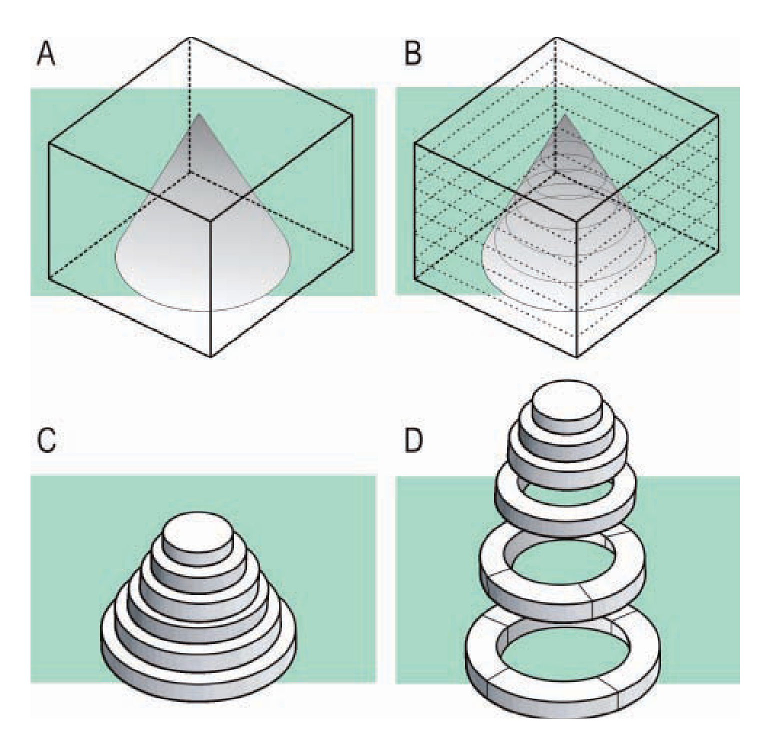
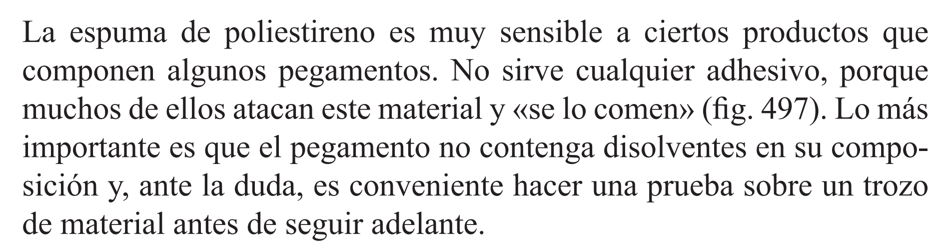


Fig. 496. Distintas maneras de concebir la realización de un gran cono con planchas de espuma rígida: macizo (A y B), macizo a partir de planchas circulares encoladas, formando un cono escalonado (C) y hueco mediante retales circulares (D).



La espuma de poliestireno es muy sensible a ciertos productos que componen algunos pegamentos. No sirve cualquier adhesivo, porque muchos de ellos atacan este material y «se lo comen» (fig. 497). Lo más importante es que el pegamento no contenga disolventes en su composición y, ante la duda, es conveniente hacer una prueba sobre un trozo de material antes de seguir adelante.



Fig. 497. Muestra de los efectos que produce un pegamento común sobre la espuma de pliestireno. Los disolventes han disuelto el material dañándolo, no sólo en su superficie, sino en el interior, al unir las planchas.

Es un error muy común considerar que la «cola blanca» o «cola de carpintero» (cola polivinílica) es buena para unir planchas y piezas de poliestireno. Esta convicción provoca más de un quebradero de cabeza

a quienes usan este producto, porque, aunque sí es cierto que no ataca y resulta efectiva en alguna ocasión, esta cola sólo está indicada para encolar superficies porosas como la madera. Al aplicar este tipo de adhesivo en este material plástico ocurrirá lo siguiente (fig. 498):

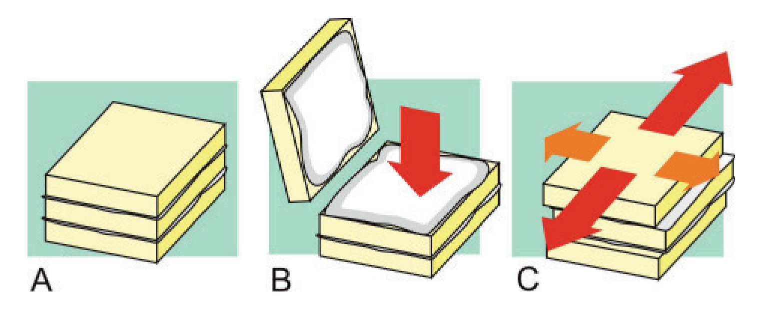


Fig. 498. La cola blanca no sirve para encolar planchas de poliestireno, pues no se terminan de secar las uniones entre las planchas.

A. Si se unen varias placas de poliestireno con cola polivinílica y se deja que actúe este adhesivo, ocurrirá que se secará la cola más cercana al exterior, en las juntas.
B. Al separar las planchas al cabo de un par de días, se podrá observar que la cola está todavía fresca en el interior.
C. Cuando se pretende trabajar con un bloque de poliestireno preparado de esta manera, las planchas se pueden mover resbalando unas sobre otras en todas las direcciones, puesto que el adhesivo no se ha secado en el interior. El pegado es sólo aparente, se crea una cámara estanca entre las superficies de contacto y la cola que se seca en los extremos, manteniendo fresca la cola como si estuviera dentro del bote de origen.

Por si fuera poco, esta cola, al secar, se endurece bastante, lo que provoca dificultades si se ha de cortar con la sierra térmica y también en el lijado final, cuando se pretende nivelar la superficie del objeto. Al pasar la lija por la superficie, ésta desgasta el material más blando y, por consiguiente, las zonas duras (las juntas de unión) sobresalen algo más respecto a la superficie del objeto a modo de crestas (fig. 499-A). No se trata de un problema exclusivo de la «cola blanca». Los demás pegamentos aptos para el poliestireno también generan estas crestas, tanto más sobresalientes cuanto más duro sea el adhesivo, como por ejemplo, la cola termofusible y la resina epoxi (epóxica o epoxídica). Para que esto no suceda, es mejor hacer uso de pegamentos menos rígidos, o no aplicar el pegamento hasta el límite exterior, evitando en cierta medida este inconveniente (fig. 499-B).

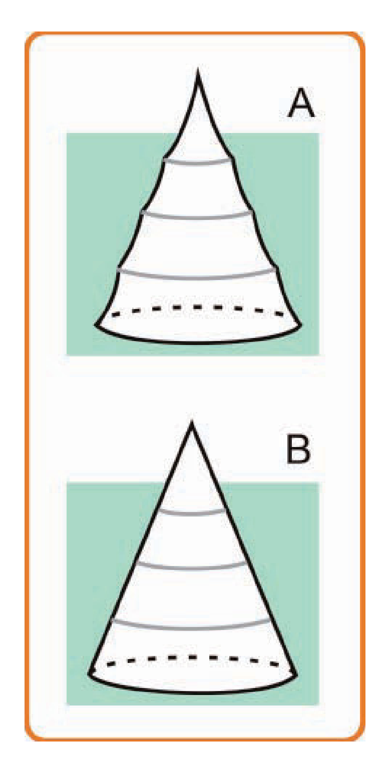


Fig. 499. Esquema del perfil de un cono realizado con planchas encoladas: si el pegamento es duro, al lijar se producen crestas en las juntas (A); si es más blando o el pegamento no se ha aplicado en los exremos, el lijado será más perfecto (B).

Según el tipo de unión que se deba plantear, para pegar dos superficies de poliestireno se pueden utilizar diferentes adhesivos (fig. 500): la cola de contacto específica para este material (A y B), la cinta adhesiva de dos caras (C), la resina epóxica de tubo (D) y el pegamento termofusible aplicado con pistola (E). Sin duda, la mejor para las uniones genéricas es la cola de contacto que se comercializa en tubo o en bote, pues es rápida, fácil de manejar y lo suficientemente blanda para evitar las crestas antes mencionadas en el proceso de lijado.

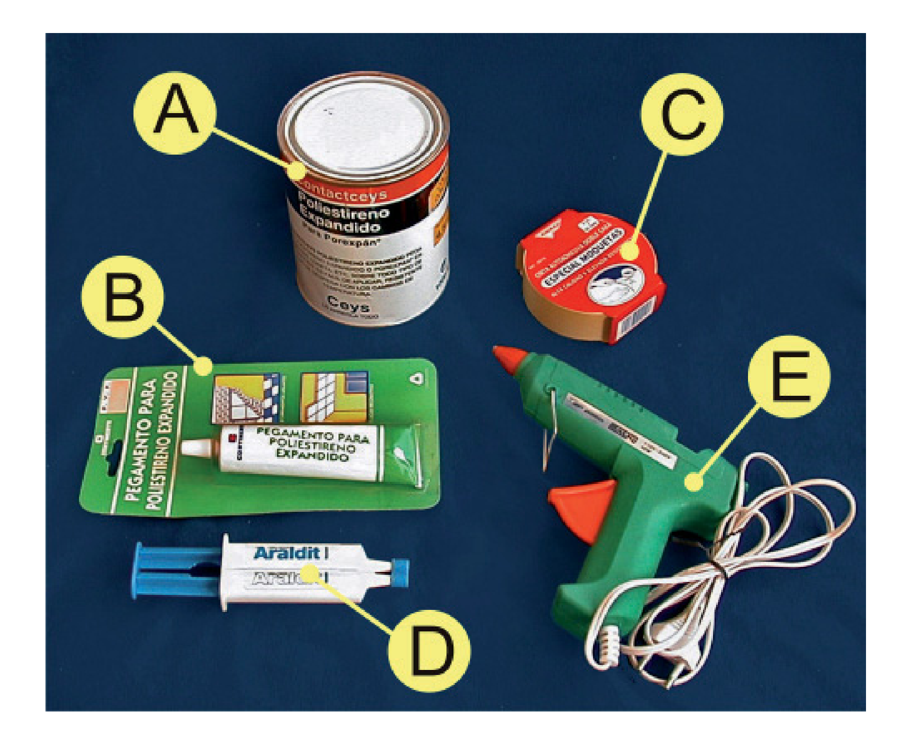


Fig. 500. Algunos adhesivos con el poliestireno: pegamento de contacto para poliestireno en bote (A), pegamento de contacto para poliestireno en tubo (B), cinta adhesiva de dos caras, como la que se utiliza para las moquetas (C), pegamento de resina epoxi en jeringa (D) y pistola con barras de plástico termofusible (E). De todos, los más recomendables son los dos primeros.

El pegamento termofusible y la resina epoxi sirven para unir de manera inmediata piezas ya terminadas y que se deban ensamblar al final del trabajo. La cinta adhesiva de dos caras, en cambio, simplifica algunas veces la necesidad de unir piezas de modo transitorio y, después, se puede eliminar.

Respecto a los pegamentos más adecuados para las espumas de poliuretano, debemos destacar que este material es más resistente frente a los disolventes de algunos pegamentos y por lo tanto se podría emplear cualquiera. Sin embargo, debido a que es muy polvoriento, el más eficaz es el pegamento de contacto común.

F) *APROXIMACIÓN A LA FORMA: DESBASTAR Y LIJAR*

Desbastar es, por definición, eliminar el material sobrante de un bloque para alcanzar la forma deseada mediante la técnica de talla. Así ocurre en escultura como en cualquier proceso mecánico de transformación de la materia para conseguir un volumen a partir de un sólido simple.

En el caso de las espumas rígidas, esta operación no reviste dificultad gracias a que un bloque de este material se puede reducir a cualquier forma con medios sencillos: mediante cortes con cualquiera de los instrumentos ya citados (fig. 501) o con abrasivos, desde los más agresivos (muelas abrasivas, escofinas para madera), hasta los más controlados (lijas de grano grueso y grano medio). De todos modos, la aproximación a la forma prevista dependerá de la pericia en el manejo de las herramientas y de la sensibilidad plástica que el artífice tenga hacia las formas tridimensionales.



Fig. 501. Desbastar parte del volumen de un bloque se puede realizar con la sierra térmica, pero algunas veces es más cómodo e instantáneo hacerlo con sierras o cúter, independientemente del tipo de espuma que trabajemos.





Esta fase de configuración no debe llevarse más allá del volumen pretendido, ya que la abrasión contundente dejará trazas sobre la superficie del material. Cuando se haya determinado la forma definitiva del modelo, se tendrá que utilizar un abrasivo más fino que iguale la textura del objeto: se comienza con las lijas más finas para madera y se termina con las lijas de agua o las lijas finas específicas para masilla (fig. 502).

Se puede esmerilar sujetando directamente el papel de lija o las «lijas-esponja» con la mano y realizar movimientos circulares o en una dirección determinada sobre el material hasta conseguir una superficie uniforme. Sin embargo, en determinadas ocasiones, según el tipo de superficie considerada (recta, convexa, cóncava, etc.) es más adecuado utilizar elementos rígidos con superficies equivalentes a las que se pretendan realizar (fig. 28). En estas piezas rígidas se puede adherir el papel de lija y despegarla cuando esté gastada, o bien emplear sistemas de fijación mixto (ranura y grapa), que permitan el intercambio de abrasivos sin dificultad.

Ni que decir tiene que los tamaños y formas de estos soportes pueden ser muy variados: siendo fáciles de realizar con pequeños tacos de madera, cada uno puede fabricarse el utensilio según las necesidades del momento. Presentamos en esta ilustración cuatro modelos diferentes de soportes para adaptar las lijas (fig. 503). El primero es el más versátil, porque puede lijar zonas cóncavas, planas y rebajes en «V» (A), mientras que los otros tres son más específicos para lijar hendiduras y superficies concretas (B, C y D). En estos esquemas se indica cómo se debería adaptar la lija para cada caso. Unos poseen una ranura que

sirve para introducir un extremo de la lija que se fijará con grapas o chinchetas en el otro extremo (fig. 504), mientras que, para los otros soportes, sólo se requiere un poco de adhesivo de contacto para unir la lija directamente a la superficie.

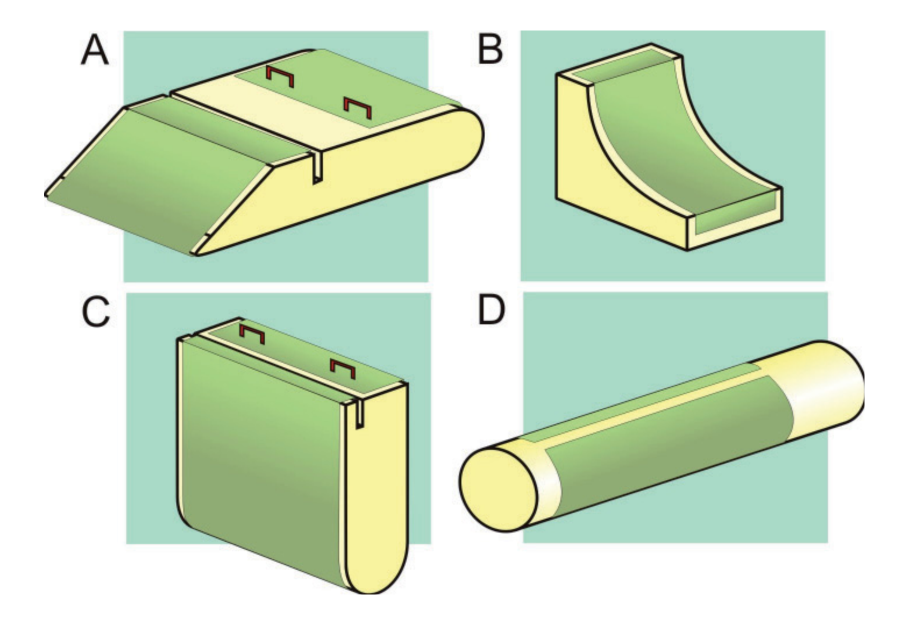


Fig. 503. Tipología de soportes para ajustar las lijas.

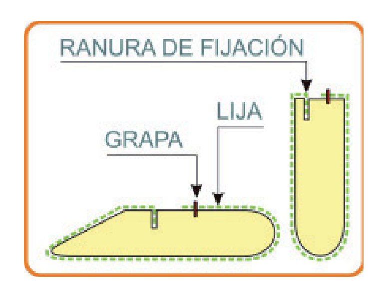


Fig. 504. Esquemas del método de colocación de la lija en soportes con ranura.

G) *DEFINICIÓN DE LA FORMA: ACABADO SUPERFICIAL*

Todo depende del tipo de textura superficial que interese proporcionar al modelo. Si se trata de un modelo de estudio formal, no es necesario darle un acabado fino y basta con haber definido bien los volúmenes (fig. 505). Pero si se pretende realizar un modelo de presentación, tenemos tres opciones progresivas: dejar la espuma rígida a la vista, cubrirla con una o más capas de nivelador o pintar el modelo después de haber sido nivelado (fig. 506).



Fig. 505. Modelo de estudio de un balancín infantil (espuma de pliuretano). Diseño de Patricia Garre (2006).

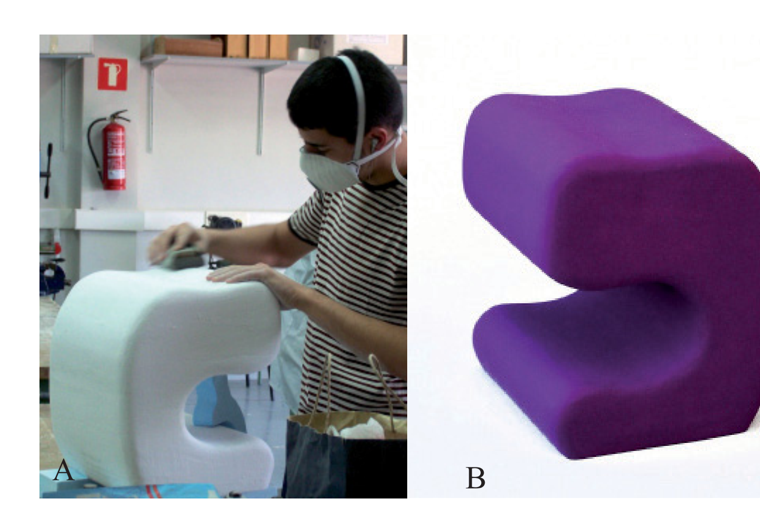


Fig. 506. Fase de lijado de la masilla niveladora en un modelo de taburete realizado con poliestireno extrusionado (A). El mismo modelo del taburete con un acabado cromático (B). Diseño de Ramón Pujol (2003).

Raras veces se deja el poliestireno o el poliuretano a la vista, a menos que se haya dado un acabado muy fino. El mayor inconveniente es que, si se ha desarrollado a partir de planchas unidas entre sí, se verán las juntas y, posiblemente, también todas las imperfecciones derivadas del propio material durante el proceso de configuración.

El resultado visual es más convincente cuando la superficie del objeto no tiene taras ni irregularidades que distorsionen el sentido de continuidad de dicha superficie. Cualquier ranura o fisura accidental llamará la atención en perjuicio del acabado. Para evitar este problema y asegurar una superficie completamente lisa, se recurre al nivelado con tapagrietas o masillas plásticas, las mismas que se emplean para las paredes. En realidad, para que el acabado sea uniforme, se deberá cubrir todo el objeto con una capa de este producto nivelador, no sin antes haber lijado a conciencia con abrasivos finos la superficie.





Fig. 507. La aplicación de la masilla puede hacerse con la brocha (A) o con espátula (B), depende de cada uno. Pero lo principal es aplicar capas finas que luego se dejan secar para ser lijadas cuando estén secas.

H) *NIVELAR Y MASILLAR*

De nada sirve tratar de cubrir con masilla plástica un modelo con demasiadas irregularidades o mal trabajado, porque este producto se debe aplicar en capas finas para obtener buenos resultados. El planteamiento es así: el objeto debe estar bien resuelto volumétrica y superficialmente antes de seguir adelante.

Las masillas plásticas, tapagrietas o niveladores son pastas blancas al agua que se pueden aplicar con brocha o con espátula (fig. 507). Es mejor usar las masillas estándar que las denominadas «liteplast», porque se adaptan mejor a las superficies de las espumas y también es preferible trabajar con los productos en bote o tubo más que con los que vienen en forma de polvo para mezclar con agua y dar lugar a la pasta (fig. 508). Se debe tener la precaución de mantener cerrados los envases; de otro modo el agua del producto se evapora y pierde plasticidad. Si esto ocurriera, no hay que echar agua y remover inmediatamente la pasta, pues se formarían grumos indeseables. Es mejor echar un poco de agua que cubra la pasta resecada y dejar reposar el bote cerrado durante unos días hasta que la masilla haya absorbido uniformemente el agua.



Fig. 508. Las masillas más apropiadas son las estándar, es decir, los tapagrietas o niveladores de agua, bien en botes o bien en tubo. Otros productos pueden dar problemas.

La primera capa de masilla (revoque) se debe dejar secar el tiempo necesario, aunque se puede forzar el proceso con un secador de aire caliente. Después se iguala la superficie ligeramente rugosa por la huella de la brocha o de la espátula con ayuda de lijas para masilla o lijas finas para madera. Es frecuente que tras esta operación salten a la vista pequeños huecos e imperfecciones que antes no se veían y también puede volver a salir a la superficie el poliestireno. De nuevo se aplicará una segunda capa que cubra el modelo y, otra vez, habrá que repetir el procedimiento de dejar secar y lijar. Esta fase se tendrá que repetir las veces que haga

falta hasta lograr la uniformidad. Sin embargo, si las irregularidades son puntuales y leves, sólo se deberá masillar en esas zonas para luego equilibrar con el resto de la superficie.

Al final, para obtener una superficie muy suave, lista para aplicar pintura, conviene usar lijas muy finas para masilla o lijas de agua utilizadas en seco (fig. 509).

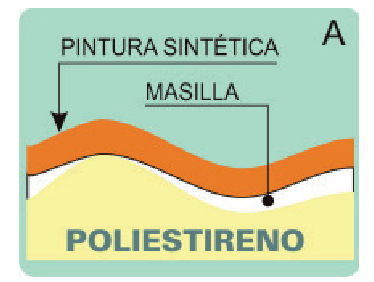


Fig. 509. Un acabado fino sólo se consigue con lijas de agua, pero sólo en la última fase, cuando el volumen y la superficie están resueltos. Soporte para cepillos de dientes (poliestireno masillado). Diseño de Raquel Porcar (1999).

I) *ACABADO CROMÁTICO*

El color en un modelo tridimensional no siempre es necesario, pero muchas veces es la clave de una imagen más cercana al producto terminado. Así como con la espuma de poliuretano no hay que temer que los disolventes de algunas pinturas o pegamentos lo estropeen, con la espuma de poliestireno, ya lo hemos dicho, hay que prestar especial cuidado al proceso cromático, para evitar las pinturas que contienen disolventes, porque atacan al poliestireno irremediablemente.

Si se pretende pintar directamente la espuma de poliestireno, sólo se pueden aplicar pinturas al agua, como la témpera, las pinturas acrílicas y las pinturas plásticas. Pero también es factible pintar un modelo de poliestireno con pintura sintética si antes se ha tratado con un impermeabilizante plástico o acrílico. Hay quien prepara una capa mezclando cola polivinílica (la «cola blanca») con agua, que actúa como barrera neutra impidiendo la filtración de los disolventes hacia el poliestireno cuando se pinta encima.



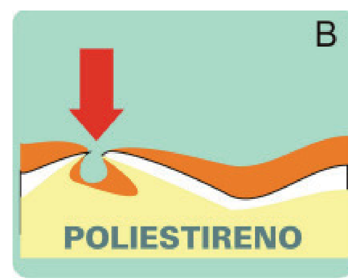


Fig. 510. Cuando se trabaja con poliestireno y se masilla, pueden quedar zonas de poliestireno al aire (A) que al pintar con pintura sintética se pueden dañar (B).

Tendrá mejor apariencia, no obstante, el tratamiento cromático sobre un modelo que haya sido nivelado con masilla en toda su superficie. En este caso, si el revoque ha sido distribuido uniformemente, el objeto se puede pintar con cualquier tipo de pintura sin miedo a que se estropee, porque el cubriente actúa de barrera protectora. De existir una o más zonas débiles en donde el poliestireno sale al exterior (fig. 510-A), se corre el peligro de que una pintura sintética perjudique la superficie del modelo disolviendo y debilitando parte del material (fig. 510-B).

Siguiendo el sabio consejo «es mejor prevenir que curar», vale la pena asegurarse la obtención de un buen acabado. Así que, si se aplica una barrera neutra a base de pintura plástica, vinílica o acrílica blanca sobre el modelo cubierto con masilla, después se podrá pintar con cualquier producto (fig. 511). Las ventajas son dos: al proporcionar una base de color blanco, cualquier color que se desee utilizar después no se verá mermado; y, por otra parte, esta capa protectora y selladora evitará la excesiva absorción de color por parte de la capa de masilla, que rebajaría el brillo de la pintura.

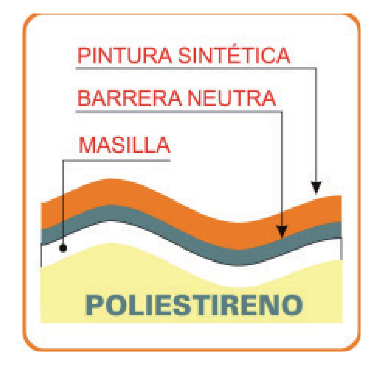


Fig. 511. Esquema de las capas del poliestireno masillado con una capa de protector que aísle a la pintura sintética.

Siempre será preferible realizar estas operaciones con aerógrafo, pistola de pintar o aerosol comercial. Si el volumen del modelo lo permite, se puede emplear el rodillo con resultados bastante decentes si la superficie está bien definida (fig. 512). La brocha y el pincel, en cambio, suelen dejar las señales inequívocas de los utensilios, dando una apariencia de «hecho a mano» que reduce la calidad final del modelo diseñado.
El resumen de este tema es que, siempre que se pueda, es mejor aplicar colores al agua y mediante pistola o aerógrafo, ya que, además, los modelos son más fáciles de pintar y se contamina menos.



Fig. 512. A la hora de pintar un modelo de grandes dimensiones se puede utilizar un rodillo.

J) *UN EJEMPLO PRÁCTICO CON RECURSOS ALTERNATIVOS*

Al iniciarse en la configuración de un modelo, no siempre se dispone de los recursos suficientes para llevar a término la propuesta ideada. El poliestireno extrusionado no es barato y las masillas plásticas son más caras de lo que realmente valen. En circunstancias como estas, uno puede buscar alternativas para desarrollar cualquier tipo de obra. Empecemos por la materia prima: la espuma de poliestireno.



Fig. 513. Encolado con pegamento específico de distintos bloques de poliestireno expandido para construir un bloque mayor.

En vez de comprar planchas de poliestireno extrusionado, se puede intentar recuperar el poliestireno que se emplea en los embalajes (casi siempre es poliestireno expandido), cortándolo en tacos o en planchas para después unir las diferentes piezas hasta formar un bloque más compacto. O bien, de trozos sueltos, tratar de construir un volumen mayor adhiriendo los diferentes pedazos entre sí (fig. 513). El pegamento idóneo es el pegamento de contacto específico para poliestireno.

Una vez formado el bloque de poliestireno sólo hay que seguir las fases de desbastado y aproximación a la forma con sierra, escofinas y lijas gruesas para madera hasta definir el volumen (fig. 514).



Fig. 514. Fases de desbastado y lijado hasta conseguir la forma prevista.

La calidad de la superficie lijada estará marcada por las líneas de junta de las piezas y por pequeñas hendiduras debidas al tipo de poliestireno, fácilmente disgregable. Conviene que la lija sea la misma que se emplea para madera, de grano grueso para desbastar y de grano medio para ajustar la forma, empleándola directamente con la mano o con un soporte rígido.

Una vez conseguida la forma deseada, se aplica una masilla niveladora, que, en este caso será casera (fig. 515). Se aplicará una capa de dos a tres milímetros de espesor, con brocha o con espátula indistintamente, tras lo cual se dejará endurecer (fig. 516).

PREPARACIÓN DE MASILLA NIVELADORA

1. Mantener la cola de conejo seca en agua hasta que se hinche: 1 parte de cola en 2 partes de agua (partes en volumen).
2. Se calienta la cola hinchada al baño maría.
3. Se toma 1 parte de esta cola diluida y se mezcla en 6-8 partes de agua (partes en volumen).
4. Se espolvorea la escayola sobre esta mezcla hasta que se sature, preferiblemente mientras se mantiene caliente al baño maría.

Esta pasta se debe conservar en un bote hermético y tiene una duración limitada, motivo por el cual es aconsejable preparar sólo la cantidad necesaria para el momento.



Fig. 516. Aplicación de la masilla niveladora con brocha. Se aprecian las irregularidades producidas por el pegamento en las juntas.

Una vez seca la capa de niveladora, se iguala la superficie con ayuda de lijas. Probablemente, al equilibrar la superficie de este modo, se llegue a dejar algunas zonas de poliestireno a la vista, pero esto es normal. También habrá zonas con pequeñas fisuras y huecos poco profundos (fig. 517). Se vuelve a cubrir el modelo con una nueva capa de masilla niveladora y se deja secar el tiempo que haga falta (fig. 518). Este proceso de masillar-lijar se debe realizar cuantas veces sea necesario, hasta que los volúmenes y la superficie del objeto alcancen la calidad de acabado precisa.





Fig. 518. Después de una primera capa de niveladora y su correspondiente lijado, se aplica otra capa en las zonas donde sea necesario y se deja secar.



Fig. 517. Una vez seca la masilla, se lija para igualar las superficies.

Si se quiere pintar el modelo, conviene aplicar una primera capa de selladora vinílica o acrílica de color blanco, para que actúe como barrera neutra (fig. 519). Pero también se podría pintar directamente con pintura de color sin disolventes. En esta segunda opción es importante dar dos manos de pintura como mínimo para asegurar la uniformidad del color.



Fig. 519. Una vez concluido el nivelado y afinado de la superficie del modelo, se le puede aplicar cualquier acabado cromático. Modelo para una escultura de Lizandra (1999).

Aunque la pintura que se haya de aplicar contenga disolventes, no habrá ningún problema, ya que la película selladora impide cualquier filtración. Una advertencia: si el tratamiento cromático es brillante, la mínima imperfección de la superficie saltará rápidamente a la vista. Es preferible utilizar pinturas satinadas o mates, aunque estas últimas suelen ser demasiado opacas y no permiten resaltar bien los volúmenes.

K) *MODELOS DE TRANSICIÓN Y PROTOTIPOS*

Un modelo de espuma rígida puede ser pensado como modelo de transición; esto es, que después de dar forma a un diseño, éste servirá para realizar un molde de su volumen con el fin de reproducirlo en otro material más consistente o definitivo. En este caso no es siempre necesario aplicar la masilla plástica por toda la superficie para darle un acabado definitivo, pues basta con aplicar el desmoldeante apropiado (fig. 520).



Fig. 520 Este complejo modelo de asiento, realizado con poliestireno extrusionado, está preparado para realizar el molde de escayola. Diseño de Eva Campo (1999).

La otra opción es la de recubrir el modelo con resina y fibra de vidrio, pero en este caso, el material base del modelo deberá ser espuma de poliuretano. No es que sea imposible partir de un modelo de poliestireno extrusionado, lo que sucede es que habría que aplicarle alguna capa de protector especial, pues la resina de poliéster, al endurecer, produce mucho calor, aparte de disolver el poliestireno.

El problema en esta técnica sin molde radica en la dificultad de realizar las superficies regulares mediante la resina mezclada con la fibra de vidrio. Una vez endurecida la capa de plástico reforzado, se debe lijar y volver a masillar, pues se producen muchas irregularidades. Se trata de un procedimiento incómodo, pero los resultados pueden ser óptimos, como el prototipo de taburete-balancín (fig. 521).







Fig. 521. Tres fases del prototipo de taburete-balancín realizado con espuma de poliuretano forrada con resina y fibra de vidrio: la configuración del olumen (A), la aplicación del plástico reforzado (B) y el prototipo terminado y pintado (C). Diseño de Santiago Isidro (2006).

Hacer un molde a partir de un modelo de poliestireno o de poliuretano entraña las mismas dificultades que con otros materiales: si la forma tiene muchos salientes y entrantes, será bastante complicado; si es un volumen sencillo, será suficiente con dos o tres «cáscaras» de molde. En este ejemplo ilustrado (fig. 522), podemos apreciar tres momentos distintos de la materialización de un prototipo a partir de un modelo de transición para ser moldeado:

- Elaboración del modelo de poliuretano de un solo bloque tallado hasta alcanzar el volumen diseñado (A).
- Retoques en la copia de resina de poliéster y fibra de vidrio (plástico reforzado), después de haber hecho el molde al modelo (B).
- El prototipo terminado, tras el acabado cromático y en pleno uso para las pruebas pertinentes (C).





Fig. 522. Tres instantes en el proceso de un prototipo realizado a partir de un volumen de espuma de poliuretano. Diseño de Alba Llop (2006).

En otras circunstancias, cuando no es imprescindible llevar hasta el fin la elaboración del prototipo porque sólo se trata de un modelo inicial, se puede pintar directamente con aerosol o cualquier otra pintura con pistola, sin necesidad de masillas niveladoras ni protectores. La textura visual de las superficies parecerá como de una espuma blanda y suave, aunque tiene el inconveniente de seguir siendo débil frente a arañazos o golpes. No obstante, es una opción interesante para fases de desarrollo de producto con el fin de que dicho objeto pueda ser estudiado o presentado para después realizar el prototipo si se diera el caso. En estas imágenes se muestra el proceso llevado a cabo en una propuesta de estas características (fig. 523).






Fig. 523. Fases de la configuración formal de un diseño realizado con espuma de poliuretano, desde el bloque hasta su acabado cromático. Diseño de Patricia Garre (2006).

En resumen, tanto la espuma de poliestireno, expandido y extrusionado, como la espuma de poliuretano, son materiales que facilitan la tarea de dar cuerpo a diseños de todo tipo, bien para la ejecución de

modelos de presentación o bien para que actúen como paso previo para la confección de un molde y posterior reproducción en resina, pastas cerámicas u otros materiales, como se ha explicado en el anterior capítulo.



Fig. 524. Aplicación de látex disuelto en un poco de agua, después de dar forma al poliuretano hidrófilo.

L) *LA ESPUMA DE POLIURETANO HIDRÓFILA*

Hay unas espumas de poliuretano que no parecen ser útiles para elaborar modelos volumétricos, pues al tomarlos con las manos parece que se van a deshacer. Pues bien, este material puede ser muy útil y fácil de trabajar, justamente, por su poca dureza. Se puede tallar como la mantequilla y lijar sin problemas. Es más: se puede lijar con los dedos. Sólo hay que tener cuidado de no apretar demasiado la espuma para que no se deforme y prestar atención en cada fase de trabajo. Al concluir el modelo, lo más conveniente es aplicar una capa de látex disuelto con un poco de agua, que impedirá que se deshaga y reforzará ligeramente la superficie (fig. 524). Luego se puede masillar y su acabado ser tan digno como el de cualquier otro modelo (fig. 525).



Fig. 525. Modelo de radiodespertador realizado con poliuretano hidrófilo, acabado con tratamiento cromático.

La otra espuma de poliuretano, la que se emplea para las flores secas o artificiales, también es muy útil para configurar modelos de toda clase (fig. 526). La manera de trabajar y los tratamientos de acabados son los mismos que los citados para el poliuretano hidrófilo, aunque éste se puede pintar directamente con pincel y pinturas acrílicas, dejando un acabado bastante aceptable para su presentación (fig. 527).





Fig. 526. Dos imágenes de un modelo de asiento infantil realizado con poliuretano seco para flores artificiales. Diseño de Ana Torralba (2005).



Fig. 527. Modelo de taburete orgánico con tratamiento cromático directo sobre el poliuretano. Diseño de Javi Sancho (2005).

M) *POLIURETANO Y POLIESTIRENO: VENTAJAS Y DESVENTAJAS*

A lo largo de este tema hemos ido nombrando indistintamente las espumas rígidas de poliestireno o de poliuretano, y también hemos mencionado características y particularidades de cada una en diferentes ocasiones. Para simplificar y dejar claras las ventajas y desventajas o las diferencias más notables entre los dos productos, presentamos el siguiente cuadro esquemático que ayudará a decidir en cada momento qué material elegir (fig. 528).

	POLIESTIRENO EXTRUSIONADO	POLIURETANO AMARILLO
TEXTURA	Textura lisa al cortar con sierra térmica, sierra de cinta o cúter. Se desgrana ligeramente con sierra manual, escofina y lijas gruesas.	Textura granulosa, porosa y polvorienta. Se mantiene la textura frente al corte y al lijado. Nunca llega a quedar completamente lisa.
DUREZA	Compacta y relativamente dura. Se puede abollar con un golpe fuerte o con un utensilio con aristas.	Blanda y poco resistente a los golpes, sean del tipo que sean. Es inflamable.
RESISTENCIA AL DESBASTE	Si no se desbasta con escofinas y lijas gruesas, el trabajo es más costoso y lento. Tallar bloques grandes requiere paciencia.	No ofrece resistencia apreciable al desbaste por cualquier medio. Es recomendable para tallar bloques grandes.
TRATAMIENTOS SUPERFICIALES	La aproximación a la forma, después del desbaste, requiere iniciarla con lijas gruesas para madera, pasar después a lijas medias y finalmente lijas finas. Si se quiere dar un acabado muy liso, se puede terminar con lijas de agua trabajadas en seco.	Por ser un material más blando que el poliestireno, la aproximación a la forma puede reducirse a dos tipos de lija: una mediana y otra más fina. Las lijas de agua con este material no son prácticamente necesarias.
BLOQUE / PLANCHAS	En planchas de colores y tamaño variados. Espesores de hasta 5 cm.	En planchas o en bloques indistintamente, según el proveedor. En algunos casos se puede encargar el bloque al tamaño deseado.
ENCOLADO	Pegamento de contacto especial para poliestireno. No valen los que ofrecen pegar el poliestireno a la pared, ni otros con disolventes.	Cualquier pegamento de contacto. Aunque se pueden usar otros pegamentos, es más adecuado el de contacto para un material polvoriento como éste.
MASILLA NIVELADORA	Masilla estándar, tapagrietas o niveladora. No convienen las masillas ligeras tipo "liteplast".	Masilla estándar, tapagrietas o niveladora. No convienen las masillas ligeras tipo "liteplast". Recomendación: antes de masillar es conveniente aplicar una capa de látex ligeramente diluido con agua, para evitar el descascaramiento y mejorar el agarre de la masilla.
PINTURAS	Sólo pinturas al agua, si no está protegida la superficie con un protector acrílico, vinílico o de látex (nunca con disolventes). Se puede pintar directamente (sin masilla) con colores acrílicos o vinílicos. Es preferible utilizar pinturas satinadas.	Cualquier tipo de pintura, esté o no masillada la superficie . En todo caso, es preferible utilizar pinturas acrílicas o vinílicas satinadas.
SEGURIDAD	No inhalar los gases que se desprenden al cortarlo con la sierra térmica. Es inflamable y sensible al calor.	No inhalar los gases que se desprenden al cortarlo con la sierra térmica. Es inflamable. Conviene usar mascarilla al lijar, porque el polvo que desprende es nocivo.

Fig. 528. Cuadro comparativo de ventajas y desventajas en el uso de la espuma de pliuretano y la espuma de poliestireno para la elaboración de modelos volumétricos.

2.2. Actividades para la experimentación

Una manera de aprender a diseñar se basa en la experimentación mediante ejercicios de expresión tridimensional elaborando diseños sencillos, con propuestas temáticas variadas y requisitos mínimos. Esto permitirá madurar en el proceso creativo y ayudará a agilizar la mente frente a estímulos de planteamientos coercitivos, pero, además, posibilitará una mayor comprensión de la relación entre las técnicas y la expresión formal.

Por otra parte, en las actividades relacionadas con el mundo del diseño tridimensional se necesita utilizar las imágenes fotográficas de las actividades realizadas, no sólo como un recurso de registro de lo elaborado, sino también como un medio de expresión de cara a futuros proyectos (exposición, presentación, catálogos, etc.). Por este motivo, se pretende mostrar algunos consejos para enfrentarse a una actividad que requiere atención por su valor documental y didáctico.

2.2.1. Actividades de comprensión y ejercitación

En una disciplina creativa como el diseño tridimensional, la comprensión de los conocimientos que se van adquiriendo no surge de la sola lectura de textos, sino del análisis del mundo circundante y de la propia experimentación. Pero también del progresivo desarrollo de la autocrítica, tan necesaria para saber descubrir qué es lo que hemos hecho bien o mal al diseñar un producto, cuáles son las posibles causas y cuáles las posibles soluciones de mejora o cambio. Nadie es perfecto y debemos ser capaces de extrapolarnos de nuestras creaciones para verlas desde otros puntos de vista y observar con ojos críticos aquello que, en principio, nos parece correcto. Este ejercicio constante permitirá el desarrollo de una mayor sensibilidad frente a cualquier objeto, para que con el tiempo podamos alcanzar una cierta madurez en este ámbito. Por ello se presentan dos maneras de considerar la comprensión de lo que en los capítulos anteriores se ha visto, tanto respecto a los fundamentos teóricos como a los técnicos de expresión tridimensional: las cuestiones teóricas y los ejercicios prácticos. En ninguno de los dos casos se aportan las soluciones, pues las relacionadas con la teoría se encuentran en el conjunto de la obra y las otras, simplemente, no tienen una única solución.

A) *CUESTIONES Y PREGUNTAS*

Verdadero o falso

A continuación se expresan diez afirmaciones que pueden ser verdaderas o pueden ser falsas. Habrá que marcar la «V» la respuesta que se considere verdadera y con una «F» la respuesta que se considere falsa, rodeando la letra correspondiente con un círculo.

V - F - Nuestra comprensión de un objeto tridimensional puede ser completa de un solo vistazo.

V - F - Si una serie de puntos pueden determinar una línea, del mismo modo podrán determinar un volumen.

V - F - Conceptualmente, el cuerpo de un cilindro es un prisma con infinitas caras.

V - F - Reciclar, reutilizar y recuperar son términos que significan lo mismo.

V - F - La escayola para moldes se prepara en proporción de 1 Kg de escayola por cada litro de agua.

V - F - La escayola para moldes se prepara removiendo la escayola mientras se agrega el agua para que mezcle mejor.

V - F - Las retenciones son pequeñas muescas que se practican en el plano de junta (superficie de contacto entre dos piezas de molde) para que las piezas encajen entre sí.

V - F - Cuando la proporción entre la escayola y el agua es más acuosa, el resultado es más blando y poroso.

V - F - El mejor pegamento para la espuma de poliestireno es la cola blanca, porque no contiene disolventes.

V - F - La espuma de poliuretano permite la talla directa del material con abrasivos mecánicos y manuales, así como el uso de herramientas térmicas para dar formas volumétricas muy variadas.

V - F - Los moldes en bloque se deben romper para poder extraer la copia.

V - F - La espuma de poliuretano se puede encolar con cualquier pegamento de contacto.

V - F - El molde perdido sirve para realizar sólo una copia del modelo.

V - F - El mejor pegamento para la espuma de poliestireno es la cola blanca, porque no contiene disolventes.

V - F - Un tubo de metal se puede curvar de la misma manera que una varilla.

V - F - Las láminas de plástico se pueden plegar y curvar con ayuda de un soldador.

V - F - La madera de balsa es más blanda que la madera común.

V - F - Una lámina metálica fina se puede cortar con tijeras o con un cúter.

Elegir la respuesta correcta

En las siguientes cuestiones se debe optar por una respuesta de las cuatro que se ofrecen en cada enunciado.

- Los modelos funcionales sirven para:
  a) mostrar el aspecto visual del objeto diseñado
  b) estudiar las relaciones ergonómicas con el usuario
  c) mostrar los elementos funcionales del objeto diseñado
  d) mostrar el volumen a tamaño real del objeto diseñado

- Una estructura modular de pared es el resultado de:
  a) repetir una célula espacial sobre una superficie plana
  b) repetir una célula espacial sobre una superficie cilíndrica
  c) repetir una célula espacial sobre una superficie esférica
  d) repetir una célula espacial expandiéndose en una estructura bidimensional

- Reciclar significa que:
  a) se reconvierten los objetos de desecho en materia prima para crear nuevos objetos
  b) se utilizan nuevamente los mismos objetos una y otra vez para la función que fue creado, tras los procesos de limpieza y desinfección industrial
  c) se puede emplear el objeto de desecho de nuevo para la función que fue creado o, también, para otras nuevas funciones que admita
  d) se puede reconvertir en materia prima, se puede volver a utilizar para la misma función que fue creado y se puede reutilizar para otras nuevas funciones

- El concepto de saturación implica:
  a) un exceso de producción de objetos de la misma categoría en una fábrica
  b) un exceso de productos de desecho en la fabricación de los objetos
  c) un exceso de productos de la misma clase en el mercado
  d) un exceso creciente de productos en nuestro mundo cotidiano

- En el mundo del diseño industrial, la obsolescencia puede significar:
  a) la poca calidad en los productos fabricados y su fácil venta
  b) la reducción del ciclo de vida en los productos de consumo, de manera que dejan pronto de ser útiles o interesantes
  c) la explotación de un producto el máximo tiempo posible y su mayor duración en el mercado
  d) la reducción del ciclo de vida en los productos de consumo, de manera que se estropean más fácilmente

- Ampliar el ciclo de vida de un producto quiere decir:
  a) que el producto puede ser descompuesto de nuevo en sus materias primas para ser procesadas en nuevos productos
  b) que el producto puede ser reparado o que se desgasta con menor rapidez
  c) que el producto sea fabricado evitando materiales nocivos y escasos
  d) que el producto sea fabricado con materiales que no se puedan reciclar

- El desarrollo sostenible está directamente relacionado con:
  a) la mejora económica de una sociedad
  b) la mejora de los procesos de fabricación
  c) la mejora del producto y su relación con el usuario y el medio ambiente
  d) la mejora de los principios tecnológicos de una sociedad

- El diseño de *chindogus* se refiere a:
  a) un método de producción de objetos de lujo
  b) la necesidad de objetos útiles para la mayor cantidad de gente posible
  c) la fabricación de productos en serie
  d) la realización de objetos absurdos sin utilidad real

Cuestiones y preguntas

Las preguntas que se plantean requieren una respuesta sencilla y breve.

- Cita, al menos, tres características principales del punto como elemento plástico.
- ¿Cuáles son las formas básicas del plano? Indica alguna característica de cada uno de ellos.
- Cita algunas posibilidades expresivas de la línea como elemento formal, es decir, lo que puede significar según la posición que se encuentre respecto a otros elementos.
- Explica brevemente lo que es y cuál es la utilidad de un módulo tridimensional.
- Características principales de la línea como recurso plástico.
- ¿Qué crees que es el equilibrio simétrico en una composición?
- ¿Qué es el *brainstorming* en la metodología del diseño industrial?
- Explica brevemente las diferencias entre un diseño orgánico y un diseño geométrico.
- ¿En qué consiste la biónica y para qué crees que sirve?
- Explica brevemente las diferencias entre biónica y biomorfismo.

B) *PROPUESTAS DE DISEÑO*

En las siguientes propuestas de actividades se indica el tema principal, el fundamento del planteamiento conceptual y los requisitos mínimos de los ejercicios que se pueden realizar (configuraciones, restricciones, materiales y/o escala). Son ejercicios de libre elección y ejecución y no es imprescindible seguir un orden preciso, pues éstos son útiles sólo para despertar el ingenio que todos llevamos dentro. No se ofrecen imágenes ilustrativas, pues consideramos que los temas que preceden a este capítulo están llenos de ellas y pueden servir de referencia en algunos casos. Además, es importante que, ante un planteamiento de trabajo, quien pretenda acometerlo debe empezar a informarse por cuenta propia a través de cualquier medio (libros, revistas, Internet, etc.).

La línea como elemento plástico y estructural

- *Ejercicio 1*

  Diseñar un revistero o mueble equivalente a partir de la línea como elemento articulador de la forma en las tres dimensiones espaciales. Línea continua, sucesión de líneas, entrecruzamiento e intersección de líneas y superficies reticuladas. No se admitirán superficies caladas o perforadas.

  - *Configuraciones posibles*: pueden emplearse redes o retículas de plástico o metal, con uniones articuladas (tornillería), encoladas (pegamentos adecuados) o mediante soldadura; se puede considerar el concepto modular y el empleo de un solo material o la combinación de varios.
  - *Restricciones*: no se pueden emplear más de tres materiales diferentes para la elaboración del modelo. Escala 1/5.
  - *Materiales*: varillas de madera, de plástico o de metal, cables, telas y redes metálicas de huecos no inferiores a 20 mm.

El plano como elemento plástico y estructural

- *Ejercicio 2*

  Diseñar un aparcabicis, individual o colectivo, a partir del uso constructivo del plano en sus múltiples posibilidades de articulación espacial, no admitiéndose formas lineales ni volúmenes orgánicos.

- *Configuraciones posibles*: puede ser de una sola pieza troquelada, plegada o curvada, de varias piezas ensambladas, modular, de superficie lisa o calada, de un solo material o la combinación de dos o tres.
- *Materiales*: cartón, contrachapado, madera, DM, lámina de plástico, chapa de metal u otros materiales que por sus características puedan considerarse como superficies planas o curvas.
- *Restricciones:* no se admitirán elementos lineales para configurar planos. Escala real 1/1 (antes conviene realizar modelos rápidos a escala reducida).

- *Ejercicio 3*

Diseñar un revistero o mueble equivalente a partir del uso constructivo del plano en sus múltiples posibilidades de articulación espacial, no admitiéndose formas lineales ni volúmenes orgánicos.

- *Configuraciones posibles*: puede ser de una sola pieza troquelada, plegada o curvada, de varias piezas ensambladas, modular, de superficie lisa o calada, de un solo material o la combinación de dos o tres.
- *Materiales*: contrachapado, madera, DM, lámina de plástico, chapa de metal u otros materiales que por sus características puedan considerarse como superficies planas o curvas.
- *Restricciones*: no se admitirá el cartón para la elaboración de este ejercicio. Escala 1/5.

- *Ejercicio 4*

Diseñar una percha de pared con tres colgadores a partir del uso constructivo del plano en sus múltiples posibilidades de articulación espacial, no admitiéndose formas lineales ni volúmenes orgánicos.

- *Configuraciones posibles*: el modelo se podrá realizar con cualquier material, incluido cartón de embalar, y puede ser de una sola pieza troquelada, plegada o curvada, de varias piezas ensambladas o como se estime oportuno, siempre que respeten los mínimos principios de un objeto de esta índole.
- *Restricciones*: hay que intentar evitar en lo posible uniones metálicas o herrajes, utilizando sistemas de unión basadas en anclajes o encajes, pudiéndose admitir también pegamento adecuado en función del material. Escala 1/2.

- *Ejercicio 5*

Diseñar un separador de espacios o mueble equivalente a partir de la línea o el plano, o la combinación de ambos como elementos articuladores de la forma. Hay que considerar la calidad lumínica, cromática y de interacción entre los espacios que separe.

- *Configuraciones posibles*: se puede considerar el concepto modular, la articulación, la yuxtaposición, etc.; y el empleo de un solo material o la combinación de varios (varillas de todo tipo, cables, redes metálicas o plásticas, planos lisos o texturados, tranparentes u opacos, calados, etc.).
- *Restricciones*: no se pueden emplear más de tres materiales diferentes para la elaboración del modelo. Escala de 1/5 a 1/10.

Formas y volúmenes geométricos como elementos plásticos y estructurales

- *Ejercicio 6*

Diseñar un candelero de vela larga que pueda servir como florero, partiendo de formas y volúmenes geométricos sin tornear. La recta, el plano, los sólidos geométricos y formas afines, como elementos constructivos de la forma en las tres dimensiones espaciales. La torsión, el plegado, la extrusión, la yuxtaposición, la intersección, etc. como métodos de generación de formas tridimensionales.

- *Configuraciones posibles:* pueden emplearse métodos de unión y ensamble mediante encaje de piezas, uniones articuladas o encoladas. Se puede considerar el concepto modular y el empleo de un solo material o la combinación de varios.
- *Restricciones*: no se pueden emplear más de tres materiales diferentes para la elaboración del modelo. Escala 1/1.
- *Materiales*: varillas de madera, de plástico o de metal; contrachapado, chapas metálicas, láminas de plástico, gres y otros materiales que puedan configurar volúmenes geométricos.

- *Ejercicio 7*

Diseñar una lámpara de pie con sólo dos brazos para bombillas con pantalla de papel o similar partiendo de formas y volúmenes geométricos. Hay que considerar que el pie o soporte será de una pieza distinta a la del elemento lámpara, ajustándose o adaptándose entre

sí mediante un sistema de encastre sencillo. La recta, el plano, los sólidos geométricos y formas afines, como elementos constructivos de la forma en las tres dimensiones espaciales. La torsión, el plegado, la extrusión, la yuxtaposición, la intersección, etc. como métodos de generación de formas tridimensionales.

- *Configuraciones posibles:* pueden emplearse métodos de unión y ensamble mediante encaje de piezas, uniones articuladas o encoladas. Se puede considerar el concepto modular y el empleo de un solo material o la combinación de varios, pero no más de tres diferentes.
- *Materiales*: varillas de madera, de plástico o de metal; contrachapado, chapas metálicas, láminas de plástico, gres y otros materiales que puedan configurar volúmenes geométricos. Escala 1/5.

- *Ejercicio 8*

Diseñar un taburete, con o sin receptáculo, a partir de volúmenes y estructuras geométricas. La recta, el plano, los sólidos geométricos y formas afines serán los elementos constructivos, pudiéndolos conjugar a partir del plegado, la extrusión, la yuxtaposición, la intersección, etc. como métodos de generación de formas tridimensionales. Se valorará el acabado cromático, así como las texturas táctiles o visuales.

- *Configuraciones y materiales posibles:* puede emplearse cualquier método de unión o ensamble. Se puede considerar el concepto modular y el empleo de un solo material o la combinación de varios. Sirve cualquier material y se pueden recuperar formas recortando o transformando otros objetos desechados, siempre y cuando el efecto final tenga una buena calidad de presentación.
- *Restricciones*: no se pueden emplear más de tres materiales diferentes para la elaboración del modelo. Escala 1/5.

- *Ejercicio 9*

Diseñar un aparcabicis, individual o colectivo, a partir de volúmenes y estructuras geométricas. La recta, el plano, los sólidos geométricos y formas afines serán los elementos constructivos, pudiéndolos conjugar a partir de la extrusión, la yuxtaposición, la intersección, etc. como métodos de generación de formas tridimensionales. Se valorará la articulación de volúmenes, así como las texturas táctiles o visuales.

- *Configuraciones y materiales posibles:* puede emplearse cualquier método de unión o ensamble. Se puede considerar el concepto modular y el empleo de un solo material o la combinación de varios. Sirve cualquier material y se pueden recuperar formas recortando o transformando otros objetos desechados, siempre y cuando el efecto final tenga una buena calidad de presentación.
- *Restricciones*: no se pueden emplear más de tres materiales diferentes para la elaboración del modelo. Escala 1/5.

Formas orgánicas, o mixtas

- *Ejercicio 10*

Diseñar una percha múltiple de tres a cinco colgadores, concebido a partir de volúmenes orgánicos, no necesariamente biomórficos. Este modelo puede estar concebido para pared o para otro tipo de soporte.

- *Configuraciones y materiales posibles*: sólo se podrá emplear espuma de poliestireno o de poliuretano para poder tallar y lijar con facilidad las formas orgánicas, previamente diseñadas a través de croquis y bocetos conceptuales.
- *Restricciones*: el modelo se realizará de una sola pieza. Escala 1/3.

- *Ejercicio 11*

Diseñar la carcasa de un reloj de mesa a partir del concepto volumétrico de superficies orgánicas en una sola pieza. El objeto deberá ser tallado o modelado evitándose las uniones y sistemas de configuración formal constructiva. Deberá ser estable por sí mismo sin necesidad de piezas accesorias.

- *Configuraciones y materiales posibles* puede emplearse cualquier material que permita ser tallado o modelado con un acabado rígido y duro, puesto que la forma deberá poder ser manejable (gres, escayola, espuma de poliestireno o de poliuretano, madera o DM).
- *Restricciones*: no se puede utilizar plastilina o arcilla excepto si el modelo se va a reproducir después en cerámica u otro material ignífugo tras un proceso de moldeado. Escala 1/1.

- *Ejercicio 12*

  Diseñar un taburete con volúmenes orgánicos no necesariamente biomórficos que conjugue las ventajas y la experimentación. Hay que considerar la ubicación o integración de un receptáculo.

  - *Configuraciones y materiales posibles*: sólo se podrá emplear espuma de poliestireno para poder tallar y lijar con facilidad las formas orgánicas previamente diseñadas a través de croquis y bocetos conceptuales.
  - *Restricciones*: los modelos se realizarán de una sola pieza. Escala 1/3 ó 1/5.

- *Ejercicio 13*

  Diseñar un aparcabicis individual de una sola pieza a partir del concepto volumétrico de superficies orgánicas basadas en la analogía formal con algún elemento de la naturaleza. Lo que interesa es que el diseño, tras un estudio profundo mediante análisis y estilización, dé lugar a un objeto cuya forma no recuerde casi en nada al referente utilizado (por ejemplo, si nos basamos en las conchas de un molusco bivalvo, el aparcabicis no tiene porqué recordar a dicho molusco).

  - *Configuraciones y materiales posibles*: puede emplearse cualquier material que permita ser tallado (espumas rígidas, escayola, DM o madera) o modelado (pasta endurecible) con un acabado rígido y duro, puesto que la forma deberá poder ser manejable. Es aconsejable trabajar con espumas rígidas.
  - *Restricciones*: no se puede utilizar plastilina o arcilla si no se moldea para reproducir el modelo en otro material indeformable. Escala 1/3.

Materiales alternativos: materiales de recuperación

- *Ejercicio 14*

  Diseñar un candelero o un candelabro utilizando materiales de recuperación o materiales que, por su poca perdurabilidad en el tiempo, no sean considerados materiales definitivos o nobles. Se trata de acoplar, adaptar o yuxtaponer elementos entre sí y bien conjugados estéticamente para dar forma a un elemento de iluminación cumpliendo todos los requisitos de estabilidad, resistencia y fácil manejo. Se puede reciclar el material para dar forma al producto (por

ejemplo, se tritura el papel para formar una pasta de modelado) o se puede recuperar el material para adaptar su forma al uso previsto (por ejemplo, se recorta un bote metálico para hacer un cenicero).

- *Configuraciones y materiales posibles*: de libre elección, siempre que respete los mínimos principios de un objeto de esta índole. En aquellos casos que no se puedan conseguir objetos de desecho se podrán adquirir o tomar prestados para la ocasión, previa consulta con el tutor.
- *Restricciones*: no se pueden emplear materiales perjudiciales para la salud y habrá que evitar que tenga formas potencialmente hirientes. Escala 1/1.

- *Ejercicio 15*

Diseñar un revistero o mueble equivalente a partir de materiales de recuperación o materiales que, por su poca perdurabilidad en el tiempo, no sean considerados materiales definitivos o nobles. Se trata de acoplar, adaptar o yuxtaponer elementos entre sí y bien conjugados estéticamente para dar forma a un revistero cumpliendo todos los requisitos de estabilidad, resistencia y fácil manejo.

- *Configuraciones y materiales posibles*: de libre elección, aunque se desaconseja adquirir materiales en comercios, excepto cuando sea inevitable para el desarrollo de la idea. Escala 1/1.

- *Ejercicio 16*

Diseñar un taburete plegable o desmontable utilizando exclusivamente cartón de embalar electrodomésticos u otros productos similares (cartón corrugado). Se ha de intentar cumplir el requisito fundamental de estabilidad y resistencia al peso necesario para el uso al que se va a destinar, puesto que se trata de un asiento.

- *Configuraciones y materiales posibles*: el modelo se realizará íntegramente con cartón de embalar (cartón corrugado) y la forma será de libre elección, siempre que respete los mínimos principios de un objeto de esta índole.
- *Restricciones*: sólo se puede emplear el cartón y el pegamento adecuado para las uniones, no admitiéndose uniones metálicas o de otra clase. Escala 1/1.

- *Ejercicio 17*

Diseñar un separador de ambientes, biombo, cortina o similar, utilizando materiales descontextualizados o de desecho sin transformar (cartón, *objets trouvés* u otros productos similares). El aspecto visual del producto elaborado deberá considerar el sentido funcional y alternativo del producto.

- *Configuraciones y materiales posibles*: el modelo se realizará íntegramente con materiales secundarios o de desecho y la forma será de libre elección, siempre que respete los mínimos principios de un objeto de esta índole.
- *Restricciones*: en el caso de las cortinas, se deberá aportar alguna novedad, con el fin de impedir la tópica cortina de objetos atados con cuerdas o alambre. Escala 1/1.

2.2.2. Nociones elementales de fotografía de maquetas y modelos

Fotografiar maquetas, modelos o prototipos para incluir después las imágenes en un proyecto, no es una labor tan sencilla como apretar el botón disparador de una cámara. En primer lugar, hay que considerar el tipo de máquina que se va a emplear para este trabajo: cámara compacta, cámara réflex o cámara digital. Cuando no había cámaras digitales, eran más adecuadas las cámaras réflex, porque éstas permiten la manipulación manual; esto es, que nosotros mismos podemos ajustar el enfoque y decidir la exposición de luz más adecuada en relación al sujeto (fig. 529). Pero en la actualidad, dada la cantidad ingente de cámaras digitales y de los avances tecnológicos en este campo, lo que importa es una buena imagen nítida y representativa del objeto fotografiado. Si esto se consigue con cualquier tipo de cámara fotográfica, tanto mejor En cualquier caso, vamos a ver algunas cuestiones elementales que tal vez puedan ayudar para mejorar la calidad de las fotografías. Sólo son pequeños consejos, pues si se quiere profundizar hay numerosas obras publicadas al respecto.

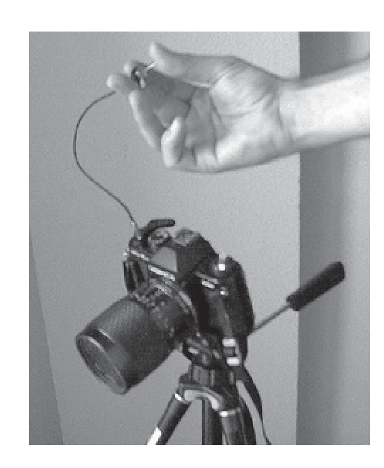


Fig. 529. Las cámaras réflex analógicas han sido desplazadas por la amplia gama de modernas cámaras digitales.

A) *TIPOLOGÍAS DE CÁMARAS DE FOTOS*

Cámaras compactas automáticas

Estas pequeñas cámaras ya casi no se usan y forman parte de la historia, pero los problemas que planteaban se parecen a los que se generan con algunas cámaras digitales empleadas por personas con poca experiencia.

Cámaras réflex

Hace unos años, este tipo de cámaras garantizaban una buena calidad de fotografía (si se sabía manejar) porque permitía variar libremente el enfoque, la apertura del diafragma (más o menos entrada de luz a la cámara) y la velocidad del obturador (velocidad del disparo). Hoy en día se han modernizado y son cámaras digitales con prestaciones interesantes para los amantes de la buena calidad en las fotografías. Permiten que sea el usuario quien controle aspectos como la profundidad de campo, el enfoque, la iluminación, etc. Sin embargo, el manejo de estas cámaras requieren experiencia o, por lo menos, paciencia y atención.

Cámaras digitales compactas

Si se tiene la posibilidad de poseer una sencilla máquina compacta digital, lo cual parece normal hoy en día, habrá que conocer las prestaciones que posea según el fabricante y el modelo. Las más recomendables son aquellas que tienen el zoom óptico y, si es posible, con valores de más de 5x (28-240 mm). La resolución de imagen también es importante, para que las fotografías puedan ampliarse sin pixelizar, aunque ahora, cualquier cámara ofrece resoluciones de más de 4 Mp (megapíxeles), y con esa calidad se puede trabajar bastante bien.

B) *PROBLEMAS CON LA ILUMINACIÓN Y EL ENFOQUE*

Es muy importante comprender y saber adaptar las condiciones de luz para la realización de buenas fotografías. Para quienes no tienen la posibilidad de utilizar un lugar con los medios más idóneos para realizar fotografías de objetos (lámparas, reflectores, fondos, etc.), la luz natural difusa e indirecta es la que proporciona mejores resultados, mientras que la luz directa, el flash frontal y la luz artificial (bombillas y tubos fluorescentes) inciden negativamente en la imagen fotográfica. Otro problema a tener en cuenta es la utilización de una cámara automática que decide por nosotros a cada momento, o somos nosotros quienes no somos capaces de hacerla funcionar como es debido, porque la cámara posee demasiadas prestaciones. Para empezar, vamos a ver algunos problemas relativos a la iluminación.

Fotografías con flash

Sin importar el tipo de cámara, por lo general las fotografías con flash tienden a «aplanar» las formas, dando un aspecto de poco relieve, al tiempo que marca excesivamente algunos contrastes y crea una sombra en silueta detrás del objeto fotografiado (fig. 530). A esto se suma el problema de los reflejos, pues si la superficie es brillante o tiene algún elemento de cristal o plástico, se refleja el impacto del flash.





Fig. 530. Fotografiar modelos o maquetas con flash reduce la expresión volumétrica del objeto de interés (A), mientras que con la luz difusa, sin flash, se aprecia mejor la forma del mismo (B).

Fotografías con luz directa (luz solar o foco artificial)

Aun sin emplear el flash electrónico, la luz directa de un foco «golpea» al objeto provocando sombras y contrastes muy fuertes que empeoran la calidad de la imagen de manera similar a como resulta con el uso del flash. Para evitar esto, conviene que la luz sea difusa o reflejada y, si es posible, que tenga una orientación ligeramente lateral. No obstante,

si se emplea un foco adecuado, combinado con iluminación general difusa, es posible realizar fotografías en donde se fuerzan los contrastes para dar resultados expresivos. Pero en estos casos hay que considerar también otros factores, como el tipo de objeto y el fondo que se emplee. En las imágenes de la figura 531 se muestran diferentes expresiones de un mismo modelo cambiando sólo la dirección del foco, teniendo en cuenta que la primera (arriba, a la izquierda) ha sido realizada con la luz del ambiente sin foco. Ninguna de estas fotografías ha sido retocada con programas informáticos.



Fig. 531. Fotografías de un mismo modelo de perchero de pie, en donde se aprecian las posibilidades expresivas de la iluminación determinada. Modelo diseñado por Mar Alfonso (2008). La fotografía superior izquierda ha sido realizada con luz artificial difusa; las demás han recibido una iluminación adicional con un foco halógeno. Se aprecia la dirección del foco observando la ubicación de la sombra.

Fotografías con luz artificial

Cuando la fotografía es en blanco y negro, esto no crea un gran problema, siempre y cuando se suavice la luz de los focos, mediante pantallas difusoras o con otros recursos alternativos interpuestos entre el foco y el objeto (telas finas, papel vegetal, etc.). Pero si la fotografía es en color, hay que saber que las bombillas incandescentes dan lugar a fotografías rojizas o anaranjadas, mientras que la iluminación con tubos fluorescentes da lugar a fotografías verdosas o algo azuladas (fig. 532). A menos que se use un filtro especial, es una iluminación poco recomendable porque desvirtúa por completo la calidad cromática. Claro está que se puede corregir este defecto de antemano, pues las cámaras ofrecen ahora la posibilidad de programarla según el tipo de iluminación en donde uno se encuentre. Y también se puede corregir después mediante un programa informático de tratamiento de fotos, pero esto último requiere destreza y conocimiento de los programas, además de utilizar parte de nuestro tiempo en arreglar lo que se podría haber evitado. Con todo, en esta era digital, cada uno puede optar por dedicar tiempo antes o después de haber realizado la fotografía.





Fig. 532. La diferente iluminación incide en los colores y en las sombras: modelo fotografiado con flash (A), con iluminación difusa de tubos fluorescentes (B) y con iluminación de un foco halógeno (C). Diseño de radiodespertador realizado por Tania Belinchón (2009).

Profundidad de campo y enfoque

La «profundidad de campo» es un término que va ligado a la buena definición de la imagen fotográfica. Un objeto lejano y otro más cercano pueden estar enfocados al mismo tiempo cuando hay mucha profundidad de campo, mientras que cuando es menor, uno de los dos objetos puede quedar enfocado y el otro no, tal como se aprecia en la figura 533: el mando a distancia está enfocado pero el reloj, más distante, se ve borroso. En el caso de maquetas y modelos de tamaño reducido, así como en los prototipos, la profundidad de campo permitirá que todo el objeto se vea nítidamente. Pero si nos acercamos demasiado al objeto, la cámara enfocará automáticamente un punto y tal vez el resto quede desenfocado. Para evitar esto, es aconsejable utilizar el zoom de la máquina y alejarse del modelo. De esta manera, la maqueta quedará enfocada por completo (fig. 534-A).

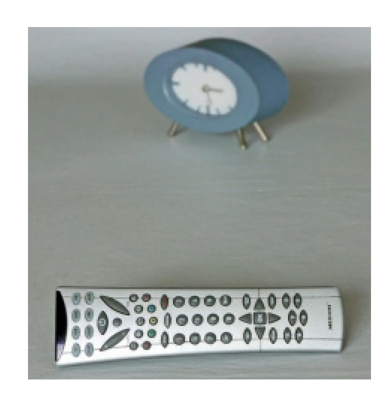


Fig. 533. La profundidad de campo incide en el enfoque, de manera que al fotografiar algo a una distancia puede quedar enfocada sólo una parte, como este mando a distancia que está enfocado y el objeto, en cambio, no.

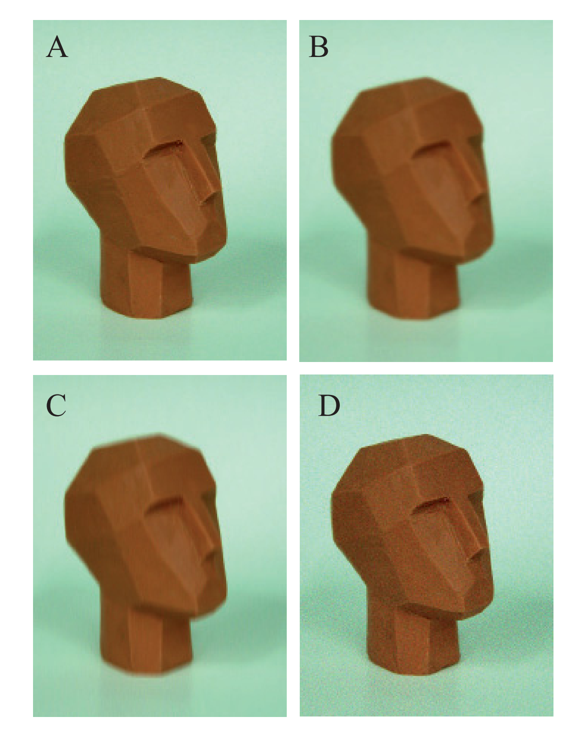


Fig. 534. En condiciones de luz artificial, es mejor utilizar un trípode para estabilizar la cámara y ajustar bien el enfoque. Fotografías de un modelo en distintas condiciones: bien enfocada (A), desenfocada (B), movida (C) y con «ruido» (D).

El enfoque se puede mejorar ostensiblemente reduciendo al máximo la abertura del diafragma, si el tipo de cámara lo permite. El inconveniente es que con esta acción habrá que disminuir la velocidad del

obturador y, por lo tanto, se hará imprescindible un trípode para que la cámara permanezca fija. En todo caso, para este tipo de actividades siempre es conveniente usar un trípode aunque la iluminación sea potente, teniendo la precaución de no mover la cámara al presionar el botón disparador. En condiciones de baja iluminación, es aconsejable, incluso, aplicar la función del disparador automático.

Una fotografía tomada a pulso en condiciones de iluminación inferiores a una velocidad de obturador de 1/15 de segundo dará como resultado una fotografía desenfocada o movida, a pesar de los estabilizadores de imagen que tienen las cámaras digitales (figs. 534-B y 534-C). Luego, aunque la cámara pueda hacer la fotografía en condiciones lumínicas poco favorables, el resultado de la imagen tendrá «ruido», es decir, que la imagen estará granulada y no tendrá la nitidez esperada (fig. 534-D).

C) *EL FONDO Y EL OBJETO*

Si, como ya hemos dicho, para fotografiar bien un objeto (maqueta, modelo o prototipo), además de tener en cuenta la iluminación, es preciso utilizar un trípode y un sistema que permita tomar las imágenes sin mover la cámara al disparar, para destacar el modelo, es aconsejable que aislarlo de cualquier interferencia visual, pues de otro modo, se dispersa la atención (fig. 535-A). Para esto hay dos opciones que pueden ser complementarias: o bien se procura un fondo neutro o de color que oculte lo que hay detrás de la imagen de dicho objeto (fig. 535-B), o bien se limpia la fotografía digitalmente. Esta segunda opción es compleja y tediosa, excepto si se ha previsto la fotografía con un fondo más o menos uniforme, pues los programas informáticos tienen una herramienta «la varita mágica», que ayuda a limpiar fondos. Hay otros medios, pero esto constituye por sí mismo un libro.





Fig. 535. No es lo mismo presentar una fotografía con un fondo cualquiera (A), que neutralizar el fondo para destacar el objeto (B). Modelo diseñado por Nabila Fuertes (2008).

Los fondos

No siendo imprescindible, un fondo de cartulina o una tela, resaltará la figura y sus cualidades. El fondo de cartulina debe ser grande y formar una curvatura (no un plegado en arista) entre la superficie de apoyo y el fondo vertical y un principio semejante se puede aplicar en las telas. Al no haber un ángulo marcado con dureza, la luz resbala sobre el fondo suavemente sin trazar una arista horizontal que perturbe la imagen (fig. 536-A). Con esto podremos tratar la fotografía con medios digitales para quitarle el fondo o cambiarlo de color (536-B y 536-C).







Fig. 536. Es conveniente emplear un fondo continuo y sin plegados, para facilitar su tratamiento digital y cambiar los colores, si así se estima oportuno, sobre la misma fotografía.

Son preferibles los fondos que puedan contrastar bien respecto al objeto (blanco, gris o negro), aunque se pueden emplear otros colores alternativos siempre que no destaquen más que el modelo. Muchas veces se emplea un gris neutro para casi todo, aunque en ocasiones es más ventajoso utilizar un fondo oscuro para un objeto claro y un fondo claro para un objeto oscuro. En todo caso, lo más importante es que el objeto resalte o sea fácilmente visible. Existe también la posibilidad de resaltar la textura del fondo, para lo cual se pueden utilizar telas de marcada textura (toallas, mantas, sábanas, etc.), cartones de diferentes tipos o, incluso, papel arrugado (figs. 537 y 538). No obstante, si se pretende trabajar posteriormente la fotografía con tratamiento de imágenes digitales, todo lo que suponga texturas será un incordio.



Fig. 537 A veces puede ser interesante disponer de un fondo granulado o texturado, pero esto dificultará el tratamiento digital posterior.



Fig. 538. Si se tienen claras las ideas, las posibilidades plásticas de los fondos son infinitas.

Posición del objeto

Se debe elegir una posición que permita ver y comprender la forma del objeto con una sola imagen; una posición ladeada a tres cuartos ofrece una perspectiva más completa que de frente, como ocurre con los retratos de personas. También se puede optar por tomar fotografías desde distintos puntos de vista como si se tratara de proyecciones ortogonales, pero con la precaución de tener dos imágenes como mínimo, pues una sola visión frontal o lateral completa puede no determinar suficientemente las características tridimensionales del sujeto fotografiado (fig. 539).







Fig. 539. Se pueden utilizar fotografías desde puntos de vista que sugieran las proyeccione ortogonales (planta, alzado y perfil), representando así todas las vistas.

También es interesante mostrar las vistas posteriores y, de vez en cuando, fotografías con puntos de vista inusuales, como un «picado» o con ciertas deformaciones, como cuando se utiliza el gran angular (fig. 540). En suma, que hacer destacar un modelo para forzar su interés visual depende de la experimentación que uno esté dispuesto a llevar a cabo.

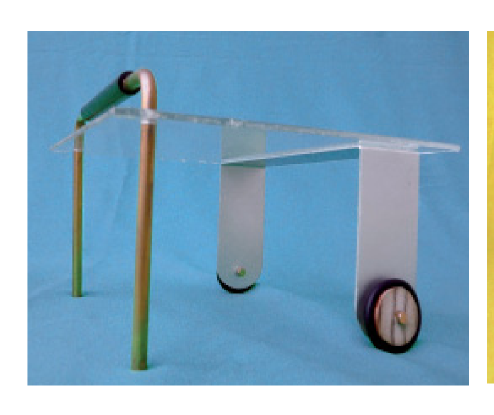




Fig. 540. Dos imágenes con puntos de vista forzados para generar sensaciones visuales menos neutras y con el fin de potenciar la plástica del modelo fotografiado.

Bibliografía

Tema 1: Fundamentos teóricos

ARNHEIM, R. (1980): *Arte y percepción visual*, Alianza, Madrid.

— (1984): *El poder del centro. Estudio sobre la composición en las artes visuales*, Alianza, Madrid.

BAYLEY, S. (1992): *Guía Conran del diseño*, Alianza, Madrid.

BELJON, J. J. (1993): *Gramática del arte*, Celeste, Madrid.

BONSIEPE, G. (1992): *Teoría y práctica del diseño industrial*, Gustavo Gili, Barcelona.

CONRAN, T. (1997): *Diseño*, Blume, Barcelona.

CORADESCHI, S. (1992): *Il disegno per il design*, Hoepli, Milán.

CRONEY, J. (1991): *Antropometría para diseñadores*, Gustavo Gili, Barcelona.

DAUCHER, H. y otros (1978): *Visión artística y visión racionalizada*, Gustavo Gili, Barcelona.

DOCZI, G. (1996): *El poder de los límites*, Troquel, Buenos Aires.

DORFLES, G. (1977): *El diseño industrial y su estética*, Labor, Barcelona.

FIELL, Ch. y P. (2001): *El diseño industrial de la A a la Z*, Taschen, Madrid.

FUENTES OTERO, J. L. y otros (1977): *Diseño*, Didascalia, Madrid.

GIBSON, J. J. (1974): *La percepción del mundo visual*, Infinito, Buenos Aires.

HESKETT, J. (2005): *El diseño en la vida cotidiana*, Gustavo Gili, Barcelona.

KEPES, G. (1969): *El lenguaje de la visión*, Infinito, Buenos Aires.

LIDWELL, W. y otros (2005): *Principios universales de diseño*, Blume, Barcelona.

MUNARI, B. (1983): *¿Cómo nacen los objetos?*, Gustavo Gili, Barcelona.

— (1985): *Diseño y comunicación visual*, Gustavo Gili, Barcelona.

NAVARRO, J. L. (2007): *Fundamentos del diseño* (CD-ROM), Publicacions de la Universitat Jaume I, Castellón de la Plana.

NORMAN, D. A. (1990): *La psicología de los objetos cotidianos*, Nerea, Madrid.

— (2005): *El diseño emocional*, Paidós, Barcelona.

QUARANTE, D. (1992a): *Diseño industrial – 1: Elementos introductorios*, CEAC, Barcelona.

— (1992b): *Diseño industrial – 2*: *Elementos teóricos*, CEAC, Barcelona.

SAUSMAREZ, M. (1995): *Diseño básico. Dinámica de la forma visual en las artes plásticas*, Gustavo Gili, Barcelona.

SCOTT, R. J. (1977): *Fundamentos del diseño*, Víctor Lerú, Buenos Aires.

STEVENS, P. (1978): *Patterns in nature*, Little, Brown & Co., S. L.

TAMBINI, M. (1997): *El diseño del siglo XX*, Ediciones B, Barcelona.

Thompson, D. (2003): *Sobre el crecimiento y la forma*, Akal, Madrid.
Williams, C. (1984): *Los orígenes de la forma*, Gustavo Gili, Barcelona.
— (1978): *Artesanos de lo necesario*, Blume, Barcelona.
Wong, W. (1991): *Fundamentos del diseño bi y tri-dimensional*, Gustavo Gili. Barcelona.

Tema 2: Fundamentos técnicos de expresión tridimensional

Bierling, P. (1994): *El trabajo en madera. Carpintería básica*, Susaeta, Madrid.
Delpech, J. y otros (2001): *Le guide du moulage*, Eyrolles, París.
Donzelli, R. y otros (1994): *Guía práctica de la carpintería*, Anaya, Madrid.
Jorion, J. M. (1994): *La soldadura*, Susaeta, Madrid.
Honeybone, I. (1992): *Cartulina, diseño y técnica*, Omega, Barcelona.
Knoll, W. y M. Hechinger (1992): *Maquetas de arquitectura*, Gustavo Gili, México.
Maier, M. (1982): *Procesos elementales de proyectación y configuración* (vol. 4), Gustavo Gili, Barcelona.
Midgley, B. y otros (1982): *Guía completa de escultura, modelado y cerámica. Técnicas y materiales*, Blume, Madrid.
Navarro, J. L. (2000): *Maquetas, modelos y moldes: materiales para dar forma a las ideas*, Publicacions de la Universitat Jaume I, Castellón de la Plana.
Pey, S. (1990): *Bricolaje. Iniciación práctica, materiales, manejo de herramientas*, ceac, Barcelona.
Plowman, J. (1995): *Enciclopedia de las técnicas escultóricas*, Acanto, Barcelona.
Rada, P. (1990): *Técnicas de la cerámica*, Libsa, Madrid.
Rosier, P. (1995): *Le moulage*, Dessain et Tolra, París.
Shimizu, Y. y otros (1991): *Models and Prototypes*, Graphic-sa, Tokio.
Valverde, J. A. y otros (1987): *Gran enciclopedia gráfica. Taller de las artes: escayola* (vol. 12), Quorum, Barcelona.

Créditos de las imágenes

Las imágenes (fotografías, dibujos y esquemas) que ilustran este libro han sido realizadas por el autor, excepto aquellas que se expresan a continuación, algunas obtenidas a través de páginas web, que indican su consentimiento en el uso libre de las imágenes, y otras con el consentimiento o la cortesía por parte del autor o del propietario, en su caso. El autor autoriza el libre uso y transformación de las imágenes propias, siempre que su empleo derivado no tenga una finalidad lucrativa, confiando en la buena voluntad del usuario para que exprese el origen o la autoría de dichas imágenes en caso de su utilización.

www.alessi.com: 60
www.ambientedirect.de: 182
www.architonic.com: 184
www.cartonajesfont.com: 73
Cauchos Carey SA: 144, 146, 147
www.classicdesign.it: 165
www.design-engine.com: 134
www.designweek.be: 162
www.driade.com: 166
www.flickr.com: 34 (Foto Hs-Yin)
www.freeimages.co.uk: 16
H. Dreyfuss y asociados: 169, 170
Dr. H. Kapsberg: 174
www.harunyahya.com: 180
home.cc.umanitoba.ca: 80
José Luis Sanz Octavio: 236 y 403
Julián López Beltrán: 46, 90, 91
www.katclass.com: 181
www.mit.edu: 45
www.mocoloco.com: 81
www.swinburne.edu.au: 105
www.terra.es/personal5/922212902: 83, 88 (Antonio Sicre Rambla)
www.wikipedia.org: 9, 84, 79 (Foto Alain Rodríguez), 102, 103, 171, 178, 179, 192

Relación y datos de los vídeos

Las narraciones de los quince vídeos que se presentan han sido realizadas con voces sintéticas, motivo por el cual tal vez puedan parecer monótonas en algún caso o su pronunciación resulte peculiar. No obstante, en la intención de experimentar y de hacer uso de las nuevas tecnologías, se ha considerado emplear esta herramienta informática como un medio de elaborar material docente audiovisual. Todas las bandas sonoras de los vídeos forman parte de la música libre que *www.jamendo.com* dispone en internet bajo la licencia Creative Commons.

V1: CARTÓN CORRUGADO - (00:03:25)

- Voz: Jorge (Loquendo TTS)
- Música: *Friday* (Reno Project)

http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=393&lg=
http://www.uji.es/bin/publ/edicions/texptri/v01HQ.srt

V2: CARTÓN PRENSADO - (00:03:06)

- Voz: Jorge (Loquendo TTS)
- Música: *73RD MOON* (Reno Project)

http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=394&lg=
http://www.uji.es/bin/publ/edicions/texptri/v02HQ.srt

V3: CARTULINA - (00:02:28)

- Voz: Mónica (RealSpeak TTS de Nuance - ScanSoft)
- Música: *CANÍCULA* (NICOCO)

http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=395&lg=
http://www.uji.es/bin/publ/edicions/texptri/v03HQ.srt

V4: CARTÓN PLUMA Y ACETATO - (00:03:01)

- Voz: Mónica (RealSpeak TTS de Nuance - ScanSoft)
- Música: *Soul Time* (sebteix)

http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=396&lg=
http://www.uji.es/bin/publ/edicions/texptri/v04HQ.srt

V5: PLANCHAS DE PLÁSTICO - (00:07:08)

- Voz: Jorge (Loquendo TTS)
- Música: *Quezak* (NICOCO) y *Suffle* (sion)

http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=397&lg=
http://www.uji.es/bin/publ/edicions/texptri/v05HQ.srt

V6: VARILLAS Y TUBOS - (00:05:02)

- Voz: Mónica (RealSpeak TTS de Nuance - ScanSoft)
- Música: *Down* (Reno Project)

http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=398&lg=
http://www.uji.es/bin/publ/edicions/texptri/v06HQ.srt

V7: MODELADO SINTÉTICO - (00:05:02)

- Voz: Mónica (RealSpeak TTS de Nuance - ScanSoft)
- Música: *System* (Reno Project)

http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=399&lg=
http://www.uji.es/bin/publ/edicions/texptri/v07HQ.srt

V8: MOLDE PERDIDO (resumen) - (00:03:34)

- Voz: Mónica (RealSpeak TTS de Nuance - ScanSoft)
- Música: *Where are you* (sebteix)

http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=400&lg=
http://www.uji.es/bin/publ/edicions/texptri/v08HQ.srt

V9: MOLDE PERDIDO - 1. Elaboración del molde - (00:05:37)

- Voz: Mónica (RealSpeak TTS de Nuance - ScanSoft)
- Música: *Livetest* y *Pinard* (NICOCO)

http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=401&lg=
http://www.uji.es/bin/publ/edicions/texptri/v09HQ.srt

V10: MOLDE PERDIDO - 2. Reproducción del modelo - (00:07:05)

- Voz: Mónica (RealSpeak TTS de Nuance - ScanSoft)
- Música: *Acid* (NICOCO) y *After Hours* (Fortadelis)

http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=402&lg=
http://www.uji.es/bin/publ/edicions/texptri/v10HQ.srt

V11: MOLDE PERDIDO - 3. Extracción de la copia - (00:02:03)

- Voz: Mónica (RealSpeak TTS de Nuance - ScanSoft)
- Música: *Fwagroove* (sebteix)

http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=403&lg=
http://www.uji.es/bin/publ/edicions/texptri/v11HQ.srt

V12: MOLDE EN PIEZAS (molde de una manzana y su reproducción con cera) - (00:10:53)

- Voz: Mónica (RealSpeak TTS de Nuance - ScanSoft)
- Música: *Loft Side* (Reno Project) y *Repeat2* (St Adam)

http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=404&lg=
http://www.uji.es/bin/publ/edicions/texptri/v12HQ.srt

V13: MOLDE EN BLOQUE - 1. Elaboración del molde - (00:07:41)

- Voz: Mónica (RealSpeak TTS de Nuance - ScanSoft)
- Música: *ZOE* y *REPTIL* (JP Mounier)

http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=405&lg=
http://www.uji.es/bin/publ/edicions/texptri/v13HQ.srt

V14: MOLDE EN BLOQUE - 2. Reproducción con barbotina - (00:02:53)

- Voz: Mónica (RealSpeak TTS de Nuance - ScanSoft)
- Música: *A Simple Life* (Tom Fahy)

http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=406&lg=
http://www.uji.es/bin/publ/edicions/texptri/v14HQ.srt

V15: ESPUMAS RÍGIDAS (poliestireno y poliuretano) - (00:08:11)

- Voz: Mónica (RealSpeak TTS de Nuance - ScanSoft)
- Música: *Afterwork* (Reno Project) y *Sidewalk* (Fortadelis)

http://www.svideo.uji.es/peli.php?codi=407&lg=
http://www.uji.es/bin/publ/edicions/texptri/v15HQ.srt

Todos los vídeos que forman parte de esta publicación tienen la posibilidad de visualizarse con subtítulos flotantes para facilitar la visión a las personas con deficiencia auditiva. Para ello, hay que descargar los archivos de los vídeos y los archivos de los subtítulos correspondientes, teniendo en cuenta que el archivo de vídeo y el archivo de subtítulo asociado se encuentren en la misma carpeta. El enlace de descarga de todos los subtítulos de los vídeos es el que se muestra a continuación.

http://www.uji.es/bin/publ/edicions/texptri/sub.zip